UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ – UENP
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

GLEICE BEATRIZ BATISTA VITOR

CUSTO ENERGÉTICO E INTENSIDADE METABÓLICA DOS EXERCÍCIOS DE PILATES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM METANÁLISE

Jacarezinho
2024

CUSTO ENERGÉTICO E INTENSIDADE METABÓLICA DOS EXERCÍCIOS DE PILATES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM METANÁLISE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH/UENP, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Norte do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Dr. Raphael Gonçalves de Oliveira

Jacarezinho
2024

Ficha catalográfica elaborada por Lidia Orlandini Feriato Andrade, CRB 9/1556, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP

Vitor, Gleice Beatriz Batista
V845c Custo energético e intensidade metabólica dos exercícios de Pilates: uma revisão sistemática com metanálise / Gleice Beatriz Batista Vitor; orientador Raphael Gonçalves de Oliveira – Jacarezinho, 2024.
77 p. :il.

Dissertação (Mestrado Acadêmico CMH) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, 2024.

1. Exercício. 2. Metabolismo energético. 3. Calorimetria indireta. 4. Frequência cardíaca. 5. Percepção do esforço. I. Oliveira, Raphael Gonçalves de, orient. II. Título.

CDD: 796.401

GLEICE BEATRIZ BATISTA VITOR

CUSTO ENERGÉTICO E INTENSIDADE METABÓLICA DOS EXERCÍCIOS DE PILATES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM METANÁLISE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH/UENP, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Norte do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

BANCA EXAMINADORA:

_____

Prof. Dr. Raphael Gonçalves de Oliveira
Universidade Estadual do Norte do Paraná

_____

Prof. Dr. Antonio Stabelini Neto
Universidade Estadual do Norte do Paraná

_____

Prof. Dr. Lúcio Flávio Soares Caldeira
Universidade Norte do Paraná – UNOPAR

Jacarezinho, 29 de Outubro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter iluminado meu caminho e minhas decisões.

Agradeço minha mãe Patrícia Batista por todo apoio emocional, amor e carinho que me foram dedicados, e todo seu empenho para me proporcionar o melhor que poderia, ao meu padrasto Maurici Antônio Lemes por todo incentivo. Agradeço aos meus avós João Batista e Ana Vera Batista por terem auxiliado em minha educação, serem exemplos de que persistência, dedicação e esforço valem a pena.

Agradeço também meus tios Beatriz Batista Nascimento, Roselaine Batista e João Carlos Batista por todos os cuidados e tempo dedicados a mim, para que me tornasse uma pessoa melhor, e por terem me proporcionado muitos momentos de alegria. À minha irmã Glaucea Valéria Batista Vitor por sua amizade e aconselhamentos, ao meu namorado Ricardo Jack Guimarães pela sua paciência em meus momentos de ausência, pelo carinho e amor que me dedica. Em especial a minha querida sobrinha Cecília Aparecida Batista Gonçalves, que é meu maior motivo de felicidade, me deu novos motivos para me dedicar em ser uma pessoa melhor e profissional.

Não obstante, gostaria de agradecer aos meus amigos que me acompanharam durante esse período, a Rafaela Almeida Gonçalves Pessôa que foi minha parceira na condução da revisão. Agradeço também de forma grandiosa ao professor Dr. Raphael Gonçalves de Oliveira pela paciência nas orientações, auxílio, oportunidades, me proporcionando crescimento pessoal e profissional.

RESUMO

Introdução: A correta classificação do custo energético das diferentes atividades físicas auxilia profissionais quando da sua prescrição, visando, por exemplo, a redução da gordura corporal, melhora da aptidão cardiorrespiratória e atendimento das diretrizes de saúde pública. Embora os exercícios de Pilates tenham se tornado cada vez mais populares, ainda pouco se sabe sobre o custo energético e a intensidade metabólica desta atividade.

Objetivo: Verificar o custo energético e a intensidade metabólica dos exercícios de Pilates com efeito de potenciais moderadores.

Métodos: Uma busca sistematizada foi realizada em: PubMed, CENTRAL, Embase, Web of Science, SPORTDiscus e CINAHL (em 9 de maio de 2024). A qualidade metodológica dos estudos foi avaliada pela escala de Rosendal. Para metanálise foi utilizada a média ponderada entre os estudos para: equivalente metabólico (MET), custo energético (kcal/min), VO_2 (ml/kg/min), percentual da frequência cardíaca máxima (%$FC_{máx}$) e percepção subjetiva de esforço (PSE) (Borg 6-20). A certeza da evidência foi analisada pelo sistema GRADE.

Resultados: Após triagem, seis estudos atenderam aos critérios de inclusão (237 participantes). Dois estudos apresentaram alto risco de viés. Evidências de certeza muito baixa a baixa mostraram que uma sessão de Pilates proporciona em média: 3,8 ($IC_{95\%}$ 3,2 – 4,5) METs; 3,8 ($IC_{95\%}$ 3,1 – 4,4) kcal/min; VO_2 10,5 ($IC_{95\%}$ 8,1 – 12,8) ml/kg/min; %$FC_{máx}$ de 55,0 ($IC_{95\%}$ 52,8 – 57,3); e PSE de 10,6 ($IC_{95\%}$ 9,3 – 12,0). O principal moderador identificado foi o intervalo entre séries e exercícios, que diminui significativamente os efeitos observados quando > 60 segundos.

Conclusão: No geral, os exercícios de Pilates oferecem um custo energético que pode ser classificado como de moderada intensidade. Contudo, torna-se importante, que o intervalo entre séries e exercícios não ultrapasse 60 segundos. Duas sessões semanais de 60 minutos cada, pode ser suficiente para inicialmente atender as diretrizes de saúde pública. Devido a baixa certeza da evidência, mais estudos são necessários para confirmar estes achados.

Palavras-chave: exercício; metabolismo energético; calorimetria indireta; frequência cardíaca; percepção do esforço.

ABSTRACT

Introduction: Correctly classifying the energy cost of different physical activities helps professionals when prescribing them, aiming, for example, to reduce body fat, improve cardiorespiratory fitness and meet public health guidelines. Although Pilates exercises have become increasingly popular, little is known about the energy cost and metabolic intensity of this activity.

Objective: To verify the energy cost and metabolic intensity of Pilates exercises with the effect of potential moderators.

Methods: A systematic search was performed in: PubMed, CENTRAL, Embase, Web of Science, SPORTDiscus and CINAHL (on May 9, 2024). The methodological quality of the studies was assessed using the Rosendal scale. For meta-analysis, the weighted average between the studies was used for: metabolic equivalent (MET), energy cost (kcal/min), VO_2 (ml/kg/min), percentage of maximum heart rate (%HRmax) and subjective perception of exertion (RPE) (Borg 6-20). The certainty of the evidence was analyzed by the GRADE system.

Results: After screening, six studies met the inclusion criteria (237 participants). Two studies had a high risk of bias. Very low to low-certainty evidence showed that a Pilates session provides on average: 3.8 (95% CI 3.2–4.5) METs; 3.8 (95% CI 3.1–4.4) kcal/min; VO_2 10.5 (95% CI 8.1–12.8) ml/kg/min; %HRmax of 55.0 (95% CI 52.8–57.3); and RPE of 10.6 (95% CI 9.3–12.0). The main moderator identified was the interval between sets and exercises, which significantly decreased the observed effects when >60 seconds.

Conclusion: In general, Pilates exercises offer an energy cost that can be classified as moderate intensity. However, it is important that the interval between sets and exercises does not exceed 60 seconds. Two weekly sessions of 60 minutes each may be sufficient to initially meet public health guidelines. Due to the low certainty of the evidence, further studies are needed to confirm these findings.

Key words: exercise; energy metabolism; indirect calorimetry; heart rate; perception of effort.

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Princípios tradicionais do Pilates..... 15
Tabela 2. Efeito da intensidade no Treinamento Resistido..... 19
Tabela 3. Efeito da densidade do treinamento resistido..... 20
Tabela 4. Efeito do volume do treinamento resistido..... 21
Tabela 5. Classificação de Intensidade do exercício para resistência cardiorrespiratória e Treinamento Resistido..... 32
Tabela 6. Exercícios aeróbicos e seus equivalentes metabólicos..... 33
Tabela 7. Exercícios anaeróbicos e seus equivalentes metabólicos..... 34

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Principais equipamentos utilizados no Pilates..... 16
Figura 2. Principais vias metabólicas durante o exercício..... 23
Figura 3. Contribuição dos substratos intra e extramusculares para fornecimento energético durante o exercício com aumento de intensidade..... 24
Figura 4. Câmara utilizada para avaliação direta do custo energético..... 27
Figura 5. Utilização de um analisador de gases portátil na prática esportiva..... 29

LISTAS DE ABREVIATURAS

CE	Custo Energético
OMS	Organização Mundial da Saúde
ACSM	Colégio Americano de Medicina do Esporte
METs	Equivalentes Metabólicos
TR	Treinamento Resistido
RM	Repetição Máxima
ATP	Adenosina Trifosfato
PD	Piruvato Desidrogenase
CET	Custo Energético Total
TMB	Taxa metabólica basal
TE	Termogênese Endógena
CEA	Custo energético associado a atividade física
TMR	Taxa Metabólica de Repouso
PSE	Percepção subjetiva de Esforço

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO..... 12
2. OBJETIVOS E HIPÓTESES..... 14
2.1. Objetivo Geral..... 14
2.2. Objetivos específicos..... 14
2.3. Hipóteses..... 14
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... 15
3.1. Exercícios de Pilates..... 15
3.2. Custo energético no Treinamento Resistido..... 18
3.3 Vias Metabólicas..... 22
3.4 Custo Energético..... 25
3.4.1 Formas de Avaliação do Custo Energético..... 27
3.4.2 Equivalentes Metabólicos da Tarefa..... 31
3.5 Custo Energético e Exercício Físico..... 33
4. REFERÊNCIAS..... 38
5. ARTIGO CIENTÍFICO..... 43
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 69
APÊNDICES..... 70
ANEXOS..... 73

1 INTRODUÇÃO

Pilates é um método de treinamento que vem ganhando cada vez mais espaço no âmbito das diferentes técnicas de exercício físico, seja para promover reabilitação ou o condicionamento físico de diferentes populações.[1] O método é pautado em seis princípios básicos que o caracteriza: controle, fluidez, respiração, precisão, concentração e centro.[2] O controle, fluidez e a precisão se referem a realizar o movimento em velocidade controlada/moderada, de forma rítmica/constante em toda fase concêntrica e excêntrica, numa amplitude de movimento adequada/precisa, de forma a evitar compensações de estruturas que deveriam estar estáveis durante o movimento.[3] A respiração auxilia na correta execução do exercício, ditando o ritmo do movimento, uma vez que o ar é inspirado no início do movimento, com o corpo ainda parado e expirado durante o movimento. Por sua vez, o centro está relacionado contração da musculatura lombo-pélvica, que deve ser ativada durante toda a execução do exercício. Por fim, a concentração trata-se de executar o movimento de modo a concentrar-se na correta postura e no grupo muscular que está sendo trabalhado, ativando-os adequadamente.[4]

Os exercícios de Pilates podem ser realizados basicamente de duas maneiras: (1) em equipamentos; (2) no solo (mat). No Pilates executado em equipamentos, a resistência muscular que o executante exerce durante os exercícios pode ser controlada principalmente pelo uso de molas de diferentes intensidades. Por outro lado, no mat Pilates, a resistência é controlada por ajustes e adaptações na postura do executante, ou seja, a resistência é ofertada pelo peso corporal, durante exercícios que são realizados sobre um colchonete de ginástica. No mat Pilates, costumeiramente, são utilizados acessórios para facilitar o controle da intensidade dos exercícios, como uso de bolas e faixas elásticas. [3]

Atualmente é possível verificar um maior interesse na população em geral na prática de exercícios físicos regulares como forma de melhorar capacidades físicas, assim como obter uma melhor qualidade de vida e saúde. Contudo quando observamos os exercícios de Pilates a um aumento ainda maior em sua popularidade no mundo todo. No Brasil, por exemplo, ao ser agrupado conjuntamente com a Yoga, ginástica e alongamento, caracterizaram-se como a sexta prática de exercício/esporte mais prevalente, ficando atrás da caminhada, futebol, musculação, aeróbica (spinning/step/jump) e corrida de rua. Quando considerado o grupo de pessoas com idade $\geq$ 60 anos, caracterizaram-se como a segunda atividade mais praticada, ficando atrás apenas da caminhada. [5] Tendo em vista essa popularidade, estudos tem buscado verificar a eficácia da técnica para diferentes desfechos voltados ao condicionamento físico, como para o

ganho de flexibilidade, equilíbrio postural, força e resistência muscular, em diferentes populações.[6,7] A produção científica relacionada ao Pilates vem aumentando substancialmente, contudo, existem ainda, algumas lacunas importantes, de temas que necessitam de um maior aprofundamento. Dentre as lacunas, destaca-se que poucos estudos abordaram qual o custo energético (CE) proporcionado em uma sessão de Pilates.

Está claro na literatura, que a intensidade e volume do exercício são fatores determinantes para levar a diferentes alterações fisiológicas no organismo.[8,9] A Organização mundial da Saúde (OMS) recomenda a realização de exercícios físicos ao menos 150 à 300 minutos por semana de atividade aeróbica moderada ou 75 à 150 minutos de atividade intensa ou ainda a realização de exercícios de fortalecimento para os principais grupos musculares ao menos duas vezes na semana para benefícios substanciais a saúde.[10] Por sua vez, o Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM), recomenda, que um programa de exercício, para alcançar benefícios à saúde, deve proporcionar um custo energético de aproximadamente 1.000 kcal/semana, em atividades de moderada a vigorosa intensidade, ≥ 3 equivalentes metabólicos (METs) por minuto.[11]

Portanto, o conhecimento do CE das diferentes modalidades de exercício físico torna-se fundamental, para tomada de decisão por parte de diferentes profissionais da saúde, pois auxilia na escolha quanto a modalidade, intensidade e volume do exercício dependendo dos objetivos a serem alcançados.[12-14] Isso porque, o CE impacta diretamente sobre diferentes desfechos de saúde e componentes da aptidão física, como composição corporal e aptidão cardiorrespiratória, por exemplo.[15,11]

Exercícios resistidos convencionais, com uso de pesos, ou exercícios aeróbios, como corrida, demonstraram ter um adequado potencial para tender as recomendações do ACSM.[16,17] Por outro lado, exercícios de integração corpo-mente, com técnicas específicas de respiração, como a Yoga e Tai Chi Chuan, que se assemelham em muitos aspectos com o Pilates, não apresentam o mesmo potencial.[18,19] Contudo, deve ser considerado, que os exercícios de Pilates podem ser executados de diferentes maneiras, como no solo ou em equipamentos.[20] Além disso, assim como no treinamento resistido convencional, fatores como número de séries, número de repetições e intervalo de descanso entre as séries devem impactar no CE de uma sessão. [16]

Identificar o quanto uma sessão de Pilates gera de CE e fatores que podem impactar em maior ou menor custo tornam-se importantes, principalmente para definição de protocolos de intervenção que visem atender as recomendações internacionais quanto a prática de exercícios físicos para saúde, ou quando a finalidade estiver atrelada à redução/controle do peso corporal, por exemplo.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESES

2.1. Objetivo geral

Realizar uma busca sistematizada na literatura com o intuito de verificar o custo energético durante uma sessão de Pilates e a intensidade metabólica dos exercícios de Pilates

2.2. Objetivos específicos

Verificar os efeitos de potenciais moderadores como: tipo de Pilates, Tempo de Descanso, volume e intensidade podem afetar o gasto energético e a intensidade metabólica dos exercícios de Pilates.

2.3. Hipóteses

A hipótese do presente trabalho é que os exercícios de Pilates atinjam potencial de custo energético e intensidade metabólica semanal de acordo com as recomendações. Ainda, temos como hipótese, que algumas variáveis de treinamento como intensidade, período de descanso, exercício em solo ou em equipamentos afetem diretamento no custo energético da sessão, assim como, a experiência prévia dos participantes com a técnica.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Exercícios de Pilates

O método Pilates foi criado por Joseph Hubertus Pilates, como uma forma de aprimorar suas capacidades físicas, assim como, melhorar sua condição de saúde. A técnica foi idealizada logo após o fim da 1ª guerra e se disseminou no decorrer dos anos.[21,22] De forma geral, o método Pilates caracteriza-se como uma técnica de treinamento físico constituído principalmente por exercícios de resistência muscular localizada, regido por seis princípios básicos, que caracterizam a execução dos movimentos: Controle, Fluidez, Respiração, Precisão, Concentração e Centro.[4] Esses princípios são definidos na Tabela 1:

Tabela 1. Princípios tradicionais do Pilates

Princípio Tradicional do Pilates	Definição
1. Centro	Conhecido ainda como centralização ou "Casa de Força", refere-se ao centro muscular do corpo localizado entre o assoalho pélvico e a caixa torácica durante os exercícios
2. Concentração	Atenção cognitiva totalmente voltada para a realização do exercício
3. Controle	Gerenciamento da postura e do movimento durante a realização do exercício
4. Precisão	É a aplicação prática da consciência focalizada, realizando as técnicas com a precisão necessária
5. Fluidez	Transição suave dos movimentos dentro da sequência de exercícios
6. Respiração	Mover o ar para fora e para dentro dos pulmões em coordenação com o exercício

Adaptado de Wells et al.[4]

Os exercícios de Pilates podem ser introduzidos em programas de reabilitação, mas também quando o objetivo é o aperfeiçoamento do condicionamento físico, existem duas principais maneiras de realizar o Pilates hoje, sendo o Pilates Solo (Mat Pilates) ou Pilates em equipamentos .[23] O Mat Pilates é muito utilizado para fornecer uma base para compreender o controle muscular, normalmente é realizado em um colchonete, onde a resistência ao movimento é dado pelo peso corporal do executante pela ação da gravidade,[2] ou ainda, por intermédio do uso de acessórios, como faixa elástica, bola suíça, meia bola (bosu), *magic circle*, rolo, entre outros. Já o Pilates em equipamentos, os exercícios são ministrados em aparelhos

especificamente elaborados para a técnica. Os principais aparelhos são: Rerformer, Cadillac, Step Chair e Ladder Barrel, embora existam outros (Figura 1).[20] No entanto, assim como no mat Pilates, para alguns exercícios realizados em equipamentos, a intensidade também pode ser controlada pelo peso corporal do executante, principalmente no equipamento Ladder Barrel. Além disso, acessórios também podem ser agregados aos exercícios feitos sobre os equipamentos (Figura 1). [3]

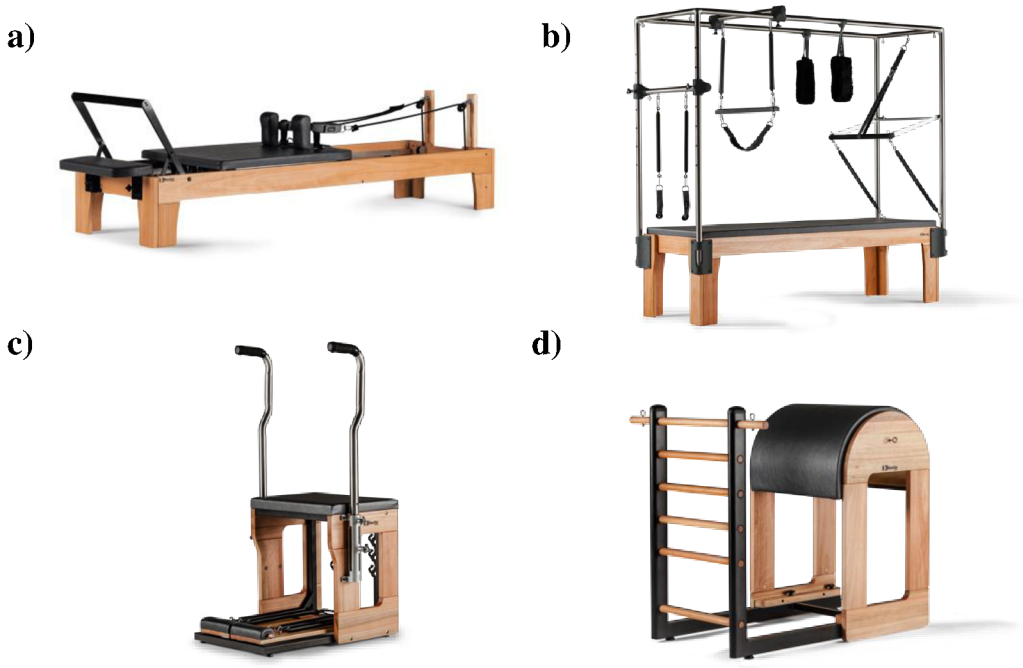


Figura 1. Principais equipamentos utilizados no Pilates: a) Rerformer; b) Cadillac; c) Step Chair; e d) Ladder Barrel.

Quanto as indicações do Pilates, destaca-se a possibilidade da prática para os mais diversos públicos, diferentes níveis de capacidade física, assim como condições de saúde.[3] Atualmente, os exercícios de Pilates são amplamente utilizados como método de reabilitação física, assim como forma de promoção de condicionamento físico, sendo empregado/ministrado principalmente por profissionais de Educação Física e Fisioterapia.[6, 24,25] Ao longo dos anos os exercícios de Pilates se diversificaram com o seu uso, para diferentes objetivos e em diferentes contextos, essas mudanças estão muitas vezes ainda relacionadas para se alinharem aos princípios baseados em evidência ou para uma melhor adaptação de dos clientes levando em consideração suas necessidades e habilidades.[4] Nos últimos anos os exercícios de Pilates tornaram-se cada vez mais populares, saindo de uma taxa de 1,7 milhão de praticantes nos anos 2000 para mais de 10 milhões em apenas 4 anos, tendo uma taxa de crescimento potencial no decorrer dos anos.[26] Essa crescente popularidade pode ser explicada pela demanda da

necessidade da realização de exercícios e a necessidade da prevenção de lesões, assim como reabilitação das mesmas, em estudo realizado com o intuito de compreender melhor quem são as pessoas que procuram o método de treinamento de Pilates, foi verificado que em sua maioria são mulheres de meia idade, fisicamente inativas anteriormente, interessadas em melhorar sua postura, flexibilidade assim como redução de dor.[27]

Muito se sabe da eficácia do Pilates para a melhora desses desfechos mencionados como neuromusculoesqueléticos, flexibilidade, força muscular, equilíbrio postural, alinhamento postural e redução de dor.[28] Mais recentemente, estudos de metanálise tem demonstrado a eficácia da técnica também para melhora da aptidão cardiorrespiratória e composição corporal.[29,25] No trabalho de Pessôa et al.[29] onde foram incluídos 12 ensaios clínicos randomizados com o intuito de verificar os efeitos do Pilates na aptidão cardiorrespiratória de adultos saudáveis através de metanálise , foi constatado que de forma geral o Pilates obteve um grande efeito sobre a aptidão cardiorrespiratória quando comparada a nenhuma intervenção, não diferindo de outros métodos de exercício, evidenciou ainda que esses efeitos se dão através de dose cumulativa, necessitando da realização de Pilates ao menos três vezes na semana por dois meses, ou ainda duas vezes na semana por três meses. Já por sua vez, a metanálise de ensaios clínicos randomizados que objetivou avaliar o efeito do Pilates sobre o peso corporal e composição corporal de adultos com sobrepeso ou obesidade, identificou que o Pilates leva a redução de peso corporal, índice de massa corporal e ainda do percentual de gordura corporal. [25]

Contudo, apesar da sua popularidade e de uma série de evidências já disponíveis, pouco se sabe sobre o CE envolvido numa sessão de Pilates, nem como a quantidade de exercício realizado, número de séries, intervalo de descanso ou velocidade de execução interferem nesse desfecho, sendo este de fundamental importância para prescrição do treinamento visando diferentes objetivos, como a redução do tecido adiposo, melhora da capacidade cardiorrespiratória, dentre outros. Trabalhos recentes vem sendo desenvolvidos com o intuito de compreender melhor o CE associado ao exercícios de Pilates, sendo a maioria deles realizados no Brasil, mais também em países como Turquia e Coreia do sul.[30-35] Apesar de trabalhos como esses virem sendo desenvolvidos, ainda há uma grande brecha na literatura para que haja uma melhor compreensão do Pilates sobre as alterações metabólicas, assim como, do CE em uma sessão. Vale ressaltar, que em outros métodos de treinamento, como o exercício resistido, essas variáveis de treinamento já estão respaldadas quanto a sua interferência para o CE durante uma sessão de treinamento.[36]

Deve ser destacado, que o Pilates em muitos momentos se assemelha ao treinamento resistido (TR), já ambos tem por objetivo desenvolver capacidades físicas como força e resistência muscular.[37,38] Além disso, utilizam-se de resistência durante o movimento, fazendo uso de objetos como halteres, faixas elásticas e no caso específico do Pilates, a utilização de molas para gerar essa resistência. [3]Além disso, o Pilates também se utiliza de séries e repetições para a execução da atividade, assim como, o TR, ou seja, o Pilates enquadra-se como uma forma de TR.[39]

Contudo, é notório na literatura atual, que existe uma lacuna sobre a compreensão do CE nos exercícios de Pilates[35] enquanto vem sendo desenvolvidos uma maior investigação sobre os efeitos das variáveis do treinamento (volume, intensidade, intervalo e densidade) em relação ao TR e como eles podem afetar o CE em uma sessão de treinamento.[36] Neste sentido, observar o que já se sabe em relação ao CE durante o TR poderá auxiliar na compreensão, mesmo que em parte, de questões relacionadas ao CE durante a realização de exercícios de Pilates.

3.2 Custo energético no Treinamento Resistido

Em estudo de revisão, no qual o objetivo foi apresentar os principais fatores que afetam o CE durante os exercícios resistidos, assim como também, realizar uma relação entre a avaliação do CE através do metabolismo aeróbico e anaeróbico, foi salientado a necessidade de adaptação da avaliação do CE durante o TR, assim como, de verificar como as variáveis de treinamento podem levar a um maior CE nas sessões de treinamento.[36] Além disso, em estudo de revisão recente, e onde foi realizada uma síntese dos métodos de avaliação de custo energético no TR, destaca que exercícios de alta intensidade com um curto período de esforço necessitam de métodos complementares de avaliação, além dos costumeiramente utilizados em exercícios de características aeróbicas, de forma que não haja uma negligência do CE de exercícios de resistência. Além disso, destaca que deve ser levado em consideração as características do treinamento com base na frequência, volume e velocidade de execução.[40]

Deste modo, o entendimento da combinação dessas variáveis é essencial para atingir os objetivos do programa de treinamento, levando em consideração as individualidades do participante.[41] Para Scott,[42] ainda não existe um método para prever o CE durante um protocolo de TR com precisão, com tudo, o autor estabeleceu alguns fatores que podem influenciar o CE durante o TR. Dentre esses fatores temos a intensidade do treinamento, volume e densidade. Na revisão realizada por Magosso et al.[36] foi analisado como o fator intensidade poderia afetar

o CE durante uma sessão de Supino reto, como pode ser observado na tabela 1 de maneira sintetizada.

Tabela 2. Efeito da intensidade no Treinamento Resistido

Referência	Protocolo	Custo Energético
Scott [42]	Duas séries máximas a 60% de 1RM	0,65 kcal/rep 1ª série 0,72 kcal/rep 2ª série
	Duas séries submáximas a 80 1RM	1,05 kcal/rep 1ª série 0,95 kcal/rep 2ª série
Scott et al.[43]	Uma série máxima no supino em:	
	37% de 1RM	0,42 kcal/rep
	46% de 1RM	0,54 kcal/rep
	56% de 1RM	0,70 kcal/rep
	70% de 1RM	0,98 kcal/rep
	80% de 1RM	1,42 kcal/rep
	90% de 1RM	1,82 kcal/rep
Scott et al.[44]	Duas séries máximas	
	70% de 1RM	0,99 kcal/rep 1ª série 1,10 kcal/rep 2ª série
	80% de 1RM	1,37 kcal/rep 1ª série 1,43 kcal/rep 2ª série
	90% de 1RM	2,00 kcal/rep 1ª série 1,98 kcal/rep 2ª série

Adaptado de Magosso et al.[36]

Apesar dos estudos tipicamente divulgarem apenas o valor do CE no total da sessão, os autores, neste caso, estimaram o custo por número de repetições. E foi possível verificar que a medida que a intensidade aumenta em percentual de repetição máxima, há também um aumento do CE por repetição, sendo verificado ainda, que em muitos momentos, o aumento não é proporcional ao peso realizado na repetição, pois ao verificar por exemplo o trabalho de Scott et al.[43], onde ao realizar repetições de supino reto a 37% de 1RM o CE de uma repetição foi de 0,42 kcal, e já quando observado a 80% de 1RM o CE foi de 1,42 kcal/rep, demonstrando quase 3x o CE da intensidade mais baixa.

Pode ser verificado ainda, em outro trabalho realizado pelo autor, que séries máximas realizadas a 70% de 1-RM o CE foi de 0,99 kcal/rep e 1,10 kcal/rep na primeira e segunda série respectivamente. Já quando observado as séries máximas a 90% de 1-RM, o CE foi de 2,0 kcal/rep e 1,98 kcal/rep na primeira e segunda série respectivamente, obtendo quase o dobro do CE de uma repetição a 70%.[44] Ou seja, o CE não é exatamente proporcional a intensidade e ao

peso levantado. Contudo, deve ser salientado, que os estudos mencionados na Tabela 1 realizaram avaliação apenas no exercício de supino reto. Deste modo, deve-se ter cautela ao extrapolar os dados encontrados para outros exercícios. Além disso, os efeitos que a densidade de treinamento tem em relação ao CE na sessão de treinamento resistido, sendo a densidade a relação entre a duração das séries de exercício e os períodos de descanso, ou seja, para aumentar a densidade de uma sessão, é necessário aumentar a duração da série ou diminuir os intervalos de descanso entre as séries, ou ainda uma combinação das duas variáveis.[36]

Tabela 3. Efeito da densidade do treinamento resistido

Referência	**Protocolo**	**Gasto Energético**	
	5 séries de 10 repetições Descanso de:	75 % 1 RM	85% 1 RM
Ratamess et al.[45]	30 segundos	7,3 kcal/min	6,8 kcal/min
	1 minuto	6,2 kcal/min	6,5 kcal/min
	2 minutos	5,6 kcal/min	5,3 kcal/min
	3 minutos	5,7 kcal/min	5,0 kcal/min
	5 minutos	5,3 kcal/min	4,9 kcal/min

Adaptado de Magosso et al.[36]

O trabalho de Ratamess et al.[45] tinha por objetivo verificar o efeito de diferentes períodos de descanso no CE do TR, para isso, se utilizou de variados períodos de descanso que variaram de 30 segundos a 5 minutos de intervalo entre séries de Leg press com 10 repetições. Os valores de CE foram fornecidos através de kcal/min, e foi possível verificar que períodos de descanso menores levaram a um maior CE por minuto. Deste modo, com o aumento do intervalo de descanso entre séries o CE na sessão em kcal/min diminuiu, ou seja, quanto mais tempo na realização da série, maior o CE. Ainda, na revisão elaborada por Mitchell et al.[40] é salientado que devido a natureza do exercícios resistidos, onde há uma grande dependência de sistemas anaeróbicos para produção de energia, deve-se levar em consideração o interevalo de descanso entre séries como fator para qualquer estimativa de CE de exercícios resistidos. Já que exclui-los pode levar a uma perda substancial do CE associado ao sistema fosfagênio.

Entretanto, deve ser levado em consideração ainda, o volume do treinamento e como ele pode afetar o CE na sessão. A Tabela 3 demonstra como o volume pode afetar o CE, principalmente quando é levado em consideração a densidade de treinamento de forma associada.

Tabela 4. Efeito do volume do treinamento resistido.

Referência	Protocolo	Gasto Energético	
	5 séries de 10 repetições 15 repetições máximas Descanso de:	Crucifixo	Leg Press
Farinatti e Castanheiras[46]	1 minuto	50,28 kcal	88,73 kcal
	3 minutos	54,14 kcal	91,05 kcal
Kelleher et al.[47]	Séries Múltiplas	6,29 kcal/min	228.6 kcal/total
	Super série	8,30 kcal/min	241.6 kcal/total

Adaptado de Magosso et al.[36]

No trabalho de Farinatti e Castanheiras Neto,[46] quando avaliado o CE total do crucifixo e do Leg Press com diferentes intervalos de descanso, não foi verificado diferença significativa entre as séries, porém, quando observamos o trabalho de Kelleher et al.[47], utilizando-se de dois métodos de treinamento diversos, onde o volume dos dois métodos foi o mesmo, ou seja, com mesmo número de séries, exercícios e repetições na sessão, e a mesma intensidade dos exercícios, onde a única diferença foi o intervalo de descanso, onde a duração do treino de super serie foi menor, foi possível observar que o número de kcal/min foi maior. Contudo, quando observamos o custo energético total da sessão, não houve diferenças significativas. Deste modo, é possível observar, quando analisado o estudos de Ratamess et al.[45], Farinatti e Castanheiras Neto[46] e Kelleher et al. [47] que o volume é que determina o CE total da sessão. Sendo assim, para que haja um maior aproveitamento da sessão de treinamento quando o objetivo for um maior CE, deve ser colocado um maior volume de trabalho no mesmo período de tempo. É possível verificar deste modo, que a densidade do treinamento determina o CE por minuto, mas o volume e a intensidade do treinamento é que irão determinar o CE total de uma sessão de TR.

Além disso, deve ser considerado o método de avaliação do CE no TR, pois fatores como a oclusão do fluxo sanguíneo durante a contração muscular intensa, a retenção da respiração e o curto período da realização dos exercícios, demonstra a incapacidade da avaliação apenas pelo consumo de oxigênio funcionar de maneira adequada para quantificar o CE durante exercícios do TR.[42] Usualmente, é realizada uma conversão para a avaliação do CE quando realizado por analisador de gases, sendo que para cada litro de O_2 utilizado, presume-se um equivalente a 5,05 kcal gastas no exercício.[36] Porém, o TR possui características próprias, como a sua realização de maneira intermitente, tendo pausas para recuperação durante a atividade, além da limitação da oxigenação durante a atividade, que leva a um estresse metabólico.[48] Isso, por sua vez, determina a necessidade de diferentes vias metabólicas para a

produção de energia, havendo, de maneira acentuada, componentes anaeróbicos para a realização da tarefa.[36]

Em revisão sistemática recente já mencionada anteriormente foi ressaltado que apesar da calorimetria indireta ser uma método de avaliação válido para mensurar o custo energético durante atividades que se utilizam de débito aeróbico, ela possui algumas limitações para avaliação em exercícios com características com as do TR. Pois, exercícios como os do TR caracterizados com cargas altas, com o objetivo do aumento de força, potência muscular ou até mesmo hipertrofia requerem uma grande contribuição do sistema anaeróbico para o débito metabólico gerado no exercício.[40] Além disso, a avaliação através de calorimetria indireta, depende do indivíduo atingir condições de treinamento estacionárias e as características do TR de curta duração não permite esse estado, onde as substratos aeróbicos auxiliem na contribuição de energia para o treinamento, desse modo, se tornando limitada para verificar os componentes glicolíticos do CE do TR.

Portanto, existe a necessidade de um método de avaliação para verificar a contribuição glicolítica do TR, sem subestimar o CE.[40] O autor traz como sugestão a mensuração do custo energético através dos níveis de lactato sanguíneo no decorrer do exercício, associado a calorimetria indireta. Já que quando observado exercícios de séries únicas como supino reto a via glicólitica contribuiu com uma proporção maior do CE total em comparação com as vias aeróbicas, o que indica uma forte dependência da glicólise no processo metabólico. Deve ser levado ainda em consideração as avaliações através das medidas de lactato uma vez que entre a produção e a utilização de lactato, demonstra uma rotatividade energética maior que a taxa de consumo de oxigênio, podendo essa avaliação ser realizada avaliando os valores pré e pós o exercício, onde para cada valor unitário de lactato foi estabelecido 3 mLO2/kg de massa corporal/mmol permitindo desse modo o cálculo da contribuição do lactato no CE.[40,44] Assim, complementando o método de avaliação e trazendo resultados mais fundamentados a avaliação.

Deste modo, compreender as vias metabólicas utilizadas, os métodos para a sua melhor avaliação e a relação de como podem afetar o CE total do treinamento são essenciais para o melhor entendimento do tema.

3.3 Vias Metabólicas

Para que ocorra um bom funcionamento do organismo durante as suas atividades, se faz necessário uma boa contração musculo esquelética, o que só é possível através do fornecimento contínuo de energia durante a execução da atividade.[49] E para isso, são utilizadas diferentes vias

para a geração de energia, que são determinadas principalmente por dois fatores durante o exercício, que são: a intensidade e sua duração.[50]

O tecido musculo esquelético é capaz de gerar contração muscular através de diferentes substratos intra e extramusculares para gerar energia durante o exercício. Contudo, a fonte de energia imediata é a Adenosina Trifosfato (ATP), que se faz necessária para a sustentação da atividade contrátil de forma contínua, já que durante o exercício, têm papel fundamental como o processo da troca de sódio-potássio através do sarcolema e túbulo T e a receptação de cálcio pelo retículo sarcoplasmático.[50,51] Contudo, os estoques intramusculares de ATP são relativamente pequenos, sendo incapazes de sustentar a atividade por longos períodos .[51] Já que o fornecimento de ATP é de suma importância para a manutenção da atividade, são necessárias contribuições de algumas vias energéticas para a manutenção do fornecimento de ATP. Como por exemplo: a quebra de glicogênio muscular, metabolismo de carboidratos ou lipídeos ou a degradação do fosfato de creatina. Como pode ser observado na Figura 2, onde apresenta de forma sintetizada as principais vias metabólicas na contração musculo esquelética durante o exercício

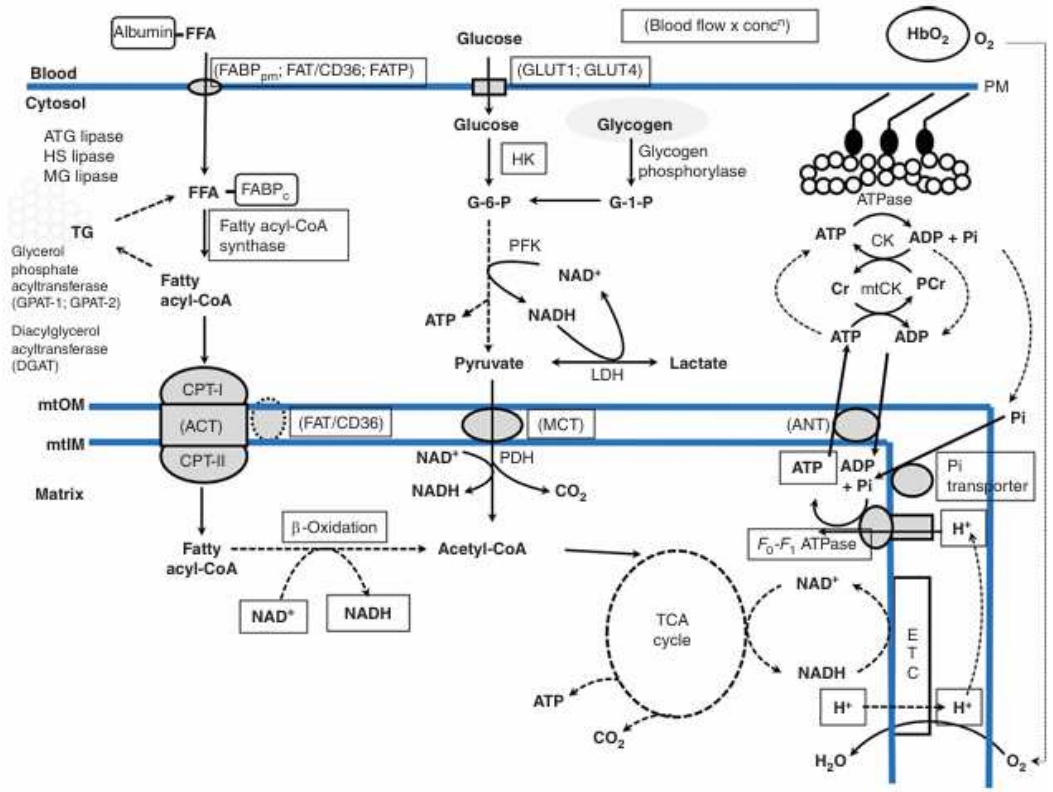


Figura 2. Principais vias metabólicas durante o exercício

Adaptado de Hargreaves e Spriet[51]

Deste modo, devemos destacar, que existem processos intimamente interligados responsáveis por promover a necessidade energética muscular.[53] Podemos destacar duas vias metabólicas responsáveis pela manutenção das necessidades de ATP no organismo. A primeira, a via metabólica anaeróbica, pode ser dividida em seus componentes láticos e aláticos, pois estão relacionados a quebra de carboidratos através da glicólise ou na divisão de fosfagênicos em ATP e fosfocreatina, respectivamente. Por sua vez, a via aeróbica refere-se a combustão de carboidratos e lipídeos na presença de oxigênio.[52,53]

O sistema aeróbico é conhecido pela realização de atividades mais extenuantes e longas, pois se utiliza da fosforilação oxidativa de carboidratos e gorduras para sustentar a atividade física por período prolongado, isso ocorre pois durante a execução de exercícios submáximos os principais componentes utilizados para geração de ATP são derivados do glicogênio muscular e da gliconeogênese. Porém, pode ocorrer também, uma contribuição relativa de triglicerídeos intramusculares ou ainda, de ácidos graxos livres, sendo a contribuição de cada um desses componentes determinados através da intensidade do exercício.[50,52]

Quanto maior a intensidade do exercício, maior a utilização do glicogênio muscular e da gliconeogênese. Contudo, deve ser ressaltado, que fatores como a dieta anterior ou condições ambientais, podem interferir na via metabólica para o fornecimento de energia.[50] Na figura 3, é possível observar como a intensidade do exercício determina e influencia qual substrato de natureza oxidativa será utilizado no momento da atividade.

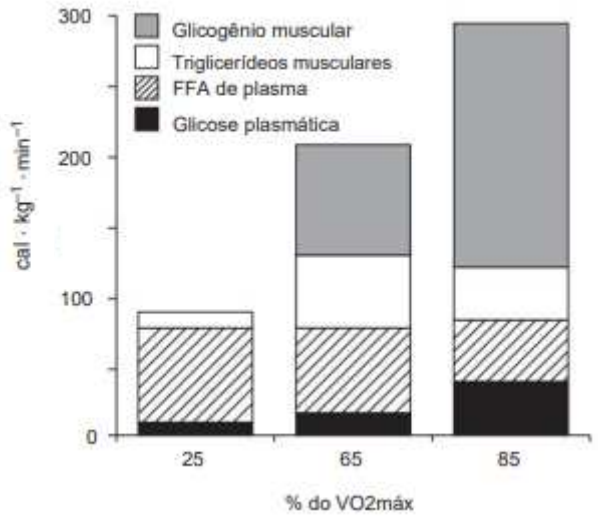


Figura 3. Contribuição dos substratos intra e extramusculares para fornecimento energético durante o exercício com aumento de intensidade. Adaptado de Romijn et al.[54]

Por sua vez, durante a realização de exercícios máximos com um potencial inicial alto, com a tendência de diminuir ao longo da atividade que possui uma curta duração (características presentes no TR e no Pilates) há a degradação de fosfocreatina e de glicogênio, fornecendo a maioria do ATP necessário para a realização da atividade.[49,52] A utilização desses substratos para fornecimento de energia ocorre através de via metabólica anaeróbica, pois não depende criticamente do fornecimento de oxigênio para a contração musculoesquelética.[52] Isso ocorre, pois durante a realização de exercícios de características anaeróbicas se inicia o processo de degradação da fosfocreatina e do glicogênio, ocorrendo assim, o processo de glicólise, elevando os níveis de piruvato muscular associado com um aumento de Ca^2+, levando a níveis ativos de piruvato desidrogenase (PD).

Com tudo, apesar desse aumento do PD a glicólise ainda é maior que sua atividade, resultando na formação significativa de lactato, que pode se acumular tanto no sangue quanto no músculo.[51,55] Ou seja, um subproduto associado a fadiga muscular, que devido ao aumento da demanda de ATP, associado ao processo de glicólise durante o exercício, resultam em acidose metabólica.[51] Ou seja, as demandas energéticas relacionadas a via metabólica anaeróbica são derivadas de bioquímicas não relacionadas ao oxigênio, apesar de treinamentos de características anaeróbicas, como o TR e o Pilates se utilizarem de fontes anaeróbicas como a glicólise anaeróbica e fosfocreatrina todas as vias energéticas são ativadas para a realização do fornecimento de ATP. Neste sentido, para Scott [43] as mensurações do CE através apenas da avaliação do consumo de oxigênio, podem não ser suficientes para demonstrar o potencial energético de atividades anaeróbicas.

3.4 Custo Energético

Para a manutenção das funções orgânicas e fundamentais do organismo, o corpo humano necessita realizar um consumo de energia, sendo esta, adquirida através da oxidação dos macronutrientes oriundos dos alimentos.[56] O Custo Energético Total (CET) trata-se de toda a energia necessária e consumida pelo organismo para manter um correto funcionamento, ou seja, representa toda a energia consumida pelo corpo. É constituída pela taxa metabólica basal (TMB), termogênese endógena (TE) e custo energético associado a atividade física (CEA). [57]

A TMB é a quantidade mínima de energia que o organismo necessita para estar vivo, trata-se de toda a energia utilizada para manter as funções de maneira adequada.[57] Deste modo, a TMB é muito variável, já que está relacionada a massa corporal do indivíduo, pois quanto maior a quantidade de massa (peso e estatura) maior será o custo energético para a manutenção

de tecidos, como do sistema musculoesquelético, cérebro, coração, rins e outros órgãos viscerais.[58] Outros dois componentes da TMB é o custo energético do sono e o custo energético para manter o corpo em constante vigília.[57, 59] São componentes com alto custo energético dentro da TMB, pois apesar da perda de consciência por esses períodos, ainda há uma intensa atividade cerebral, onde é realizado o processamento das informações e a codificação da memória, o que leva a demandas metabólicas.[60] Sendo assim, a TMB é de grande custo ao organismo, sendo o principal fator do CET, já que consome cerca de 60% à 70% da necessidade energética do corpo, isso quando observado indivíduos sedentários, já por sua vez, para indivíduos ativos fisicamente, compreende cerca de 50% do CET [46]

Outro componente do CET é a termogênese endógena, que é a energia induzida pela dieta, ou seja, a energia necessária para realizar a digestão, absorção e metabolização dos alimentos, assim como, realizar a termorregulação corporal.[61] A dieta pode afetar o CET, já que através dela todos os três componentes do CET (TMB, TE e GEA) são afetados. Alterações na ingesta de alimentos pode levar a um aumento de até 10% no CET, ou seja, aumentar a ingestão de alimentos aumenta o gasto energético induzido pela dieta, já que uma maior porção alimentar aumenta as demandas metabólicas, o que faz aumentar o CET e esse por sua vez, tende a aumentar novamente, pois se faz necessário um maior consumo alimentar para essas novas demandas.[62]

O terceiro componente do CET trata-se CEA, este custo energético está relacionado ao efeito térmico dos movimentos, ou seja, qualquer movimento corporal produzido pelo sistema musculoesquelético que exceda os níveis de custo energético da TMB é considerado CEA .[56] Contudo é importante enfatizar que o CEA, é composto por tarefas cotidianas, mas também por exercício físico.[57] O que leva ao CEA ser o componente com maior variabilidade do CET diário, já que pode possuir uma grande variação tanto intrapessoal como interpessoal, já que está associada as atividades realizadas pelo indivíduo.[63,64] Presume-se que o exercício físico tenha uma relação dose-dependente e aditiva, ou seja, a cada nova realização de atividade física a um aumento no CET. Sendo assim, diferenças na duração, intensidade e frequência do exercício, podem criar variações consideráveis no CET.[65] Este modelo de CE aditiva moldou alguns dos tratamentos em saúde, já que o aumento do nível de exercício físico aumenta consequentemente o CEA,[66] sendo utilizado como estratégia para combater e prevenir algumas doenças, como por exemplo, a obesidade .[11,65] Deste modo, o CET é determinado pela composição corporal do indivíduo, pelo seu nível de atividade física, pelo seu tamanho e por sua ingestão alimentar.[62]

3.4.1 Formas de Avaliação do Custo Energético

O CE possui várias formas de avaliação, sendo realizadas através de estimativas ou medidas diretas, sendo as medidas diretas as mais precisas. Ao realizar uma avaliação de CE alguns fatores devem ser controlados, pois podem interferir no resultado, como: consumo de álcool, alimentação, cigarro, entre outros.[57] Alguns dos métodos mais utilizados para essa avaliação serão mencionados a seguir.

A Calorimetria direta é baseada nas leis da termodinâmica, onde toda a energia utilizada pelo corpo irá se dissipar em forma de calor.[67] A avaliação é realizada em pequenas câmaras isoladas, altamente sofisticadas, onde é avaliado o calor liberado pela pessoa (Figura 4). Devido ao alto custo, assim como algumas limitações, como a necessidade do avaliado permanecer na câmara por um período de 24 horas, acaba sendo pouco utilizada.[68]

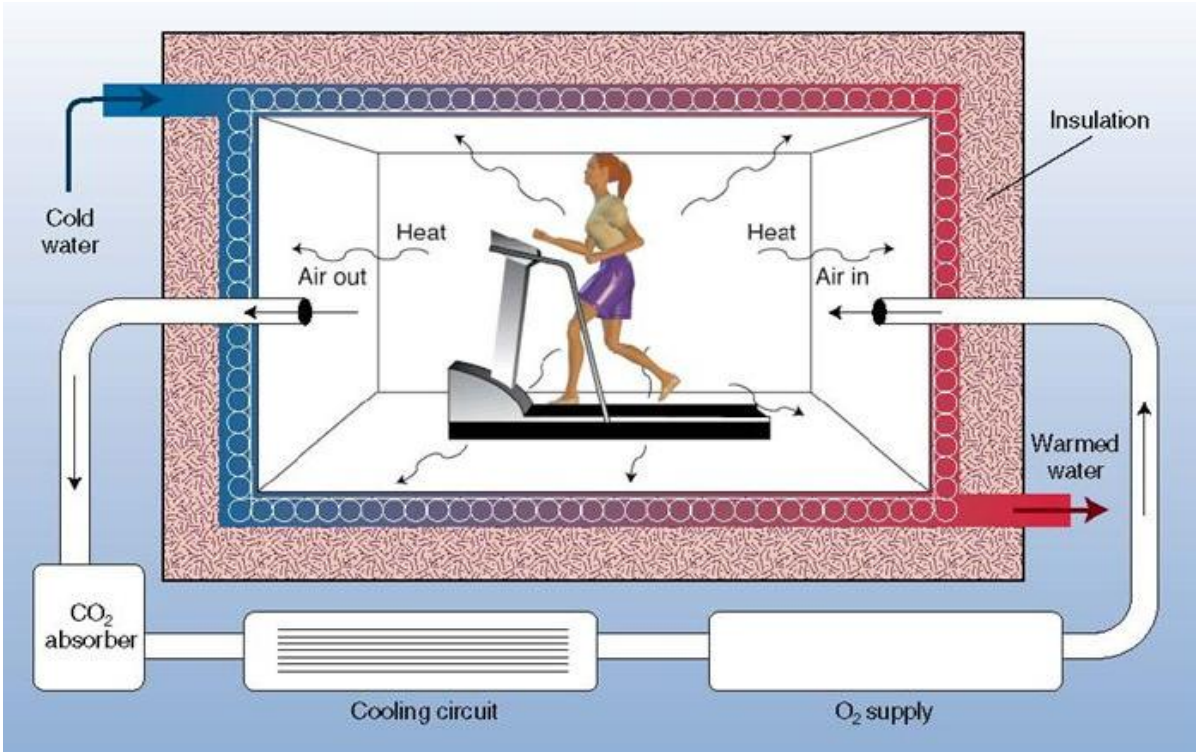


Figura 4. Câmara utilizada para avaliação direta do custo energético.
Adaptado de Kenney et al.[69]

Já a Calorimetria indireta realiza a mensuração através da análise do oxigênio consumido (VO_2) e do gás carbônico produzido. Deste modo, consegue realizar estimativas das quantidades dos substratos oxidados.[70] É considerada uma técnica altamente empregada para determinar o CE, na qual realiza a avaliação através do quociente respiratório (razão entre o

volume de CO_2 e VO_2). As trocas gasosas são verificadas por intermédio de uma máscara facial, ou ainda, um bucal com clip nasal, sendo considerado a melhor ferramenta para avaliação de custo energético em ambiente clínico [71,67]

Um dos métodos precursores da colorimetria indireta é o Saco de Douglas, no qual a pessoa respira o ar ambiente e o gás é depositado em um saco ligado a uma válvula unidirecional, onde as contrações de O_2 e CO_2 são avaliadas pelo analisador de gases.[72] Atualmente, os aparelhos que se utilizam da calorimetria indireta realizam a predição por analisadores de gases com a tecnologia *breath-by-breath,* ou seja, avaliam continuamente de forma sincronizada as concentrações de O_2 e CO_2, permitindo cálculos de troca gasosa a cada respiração.[73] Além disso, alguns analisadores possuem a possibilidade de realizar a avaliação através da metodologia de mistura dinâmica, que se utiliza de uma amostragem do gás expirado, direcionando-o para uma câmara de mistura que calcula a média de FEO_2 e $FECO_2$, para assim calcular o VO_2 .[72] Contudo, alguns cuidados devem ser tomados a fim de evitar possíveis erros de medida, como: vazamentos do sistema, que podem levar a medidas incorretas da quantidade de gases, falta de calibração do analisador e não levar em consideração o tempo de aquecimento.[74, 75]

Deve ser ressaltado ainda, que os analisadores de gases podem ser divididos em analisadores de gases fixos, também conhecidos como carrinhos metabólicos ou analisadores de gases portáteis. Os analisadores de gases fixos, tem o seu funcionamento utilizando-se dos métodos já mencionados, sendo considerado muito preciso, contudo, apresentam a limitação de não serem de fácil transporte para os locais coleta, dificultando a sua aplicação em algumas atividades.[72] Por sua vez, os analisadores de gases portáteis se utilizam da mesma tecnologia, com o benefício de poderem ser transportados e fáceis de operar, podendo ser levados para os ambientes clínicos, fora do ambiente de laboratório.[74] No geral, trata-se de uma técnica não invasiva e com grande reprodutibilidade.[76]



Figura 5. Utilização de um analisador de gases portátil na prática esportiva.
Acessado em: (https://www.aamed.eco.br/ergoespirometro-portatil-k5)

Outro método é o da água duplamente marcada, que consiste na diferença das taxas da renovação de hidrogênio e do oxigênio da água corporal.[63] Neste caso, o avaliado faz a ingestão de água com isótopos de hidrogênio e oxigênio. Os isótopos de oxigênio são eliminados através do dióxido de carbono e o hidrogênio é eliminado somente como água.[70] Com o desaparecimento de ambos os isótopos (avaliado através de amostras dos fluidos corporais) é possível calcular a diferença, estimando o valor de gás carbônico e indiretamente o valor do CE.[68] É um método considerado padrão ouro para avaliação do CE. Um aspecto positivo desse método de avaliação é que o participante não precisa realizar alterações na sua vida cotidiana.[70] No entanto, um fator limitante é o seu alto custo, já que se faz necessário equipamentos altamente específicos para a realização das análises, e experiência com o método pelo avaliador.[66] Além disso, não é possível realizar a avaliação do nível de atividade física durante a coleta de dados, sendo necessário avaliações complementares, como por exemplo, diários da atividade física realizada.[70]

Outra possibilidade de avaliação do CE é por intermédio de equações preditivas, que são métodos muito utilizados, principalmente na prática clínica, devido ao seu baixo custo, além de serem métodos rápidos e práticos.[57] Dentre as equações, a de Harris e Benedict e a de Quenouille e Shofield são amplamente utilizadas. Contudo, aplicação de equações preditivas são mais imprecisas, já que realizam as estimativas de CE das atividades através de auto-relato, o que implica na necessidade do relato correto das atividades realizadas. Outro fator limitador deste método de avaliação é que muitas dessas equações preditivas foram elaboradas para um

grupo de estreita faixa etária e em sua maioria homens brancos, não representando toda a população.[57,70]

Outros métodos incluem questionários auto-relatados de nível de atividade física, e intensidade de exercício como a escala percepção subjetiva de esforço (PSE), muito utilizada para avaliar o esforço durante os momentos da atividade pois reflete a fadiga do momento do exercício.[77] A escala fundamenta-se no princípio que a FC e consumo de oxigênio aumentam de acordo com a carga de trabalho, deste modo a escala possui valores de 6 a 20 (≥6 à 8 muito, muito leve; ≥9 à 10 muito leve; ≥ 11 à 12 bastante leve; ≥13 à 14 um pouco difícil; ≥ 15 à 16 difícil; ≥ 17 à 18 muito difícil; ≥19 à 20 muito, muito difícil) para denotar FC que variam de 60 a 200 batimentos por minuto.[78] Além disso, já foi verificado que a escala está significativamente correlacionada com a ingestão de oxigênio.[79] Trabalhos como de Yoshida et al.[80] verificaram a validade da avaliação do CE durante treinamento físico através da PSE, foi soliciatado aos participantes que preenchessem questionários a cada 5 minutos relatando a atividade que realizavam durante o treinamento e a sua PSE, após o término de período de avaliação foi realizado uma equação de regressão criada a partir da PSE, $\dot{V}O_2$ e VCO_2 medidos anteriormente no teste ergométrico de cada participante através de calorimetria indireta, na sequencia a PSE foi convertida em CE.

Outro método para a avaliação do CE durante o exercício é através dos equivalentes metabólicos da tarefa (METs), que serão melhor explicitados. Contudo, a validade desses instrumentos para avaliar o CE é limitado. [57,68,69,81]

Por fim, o CE pode ser estimado pelo metabolismo glicolítico, por intermédio da mensuração do lactato sanguíneo, especialmente válido quando da realização de exercícios com característica anaeróbica. Já que os níveis de lactato sanguíneo podem ser tão altos nos exercícios de resistência, que auxiliam significativamente para a execução, assim como, na recuperação do custo de energia aeróbica.[44] Isso pode ser explicado devido as vias metabólicas para a realização da atividade, na qual exercícios anaeróbicos se utilizam da via glicolítica rápida no momento da contração muscular. Quando a contração cessa a oxidação de lactato desempenha um papel significativo, suprindo as necessidades energéticas da recuperação.[44] Erroneamente, o lactato era considerado um metabólico gerado da consequência da falta de oxigenação muscular durante os momentos de contração. Atualmente, sabe-se de seu papel fisiológico fundamental como fonte de energia, precursor de glicogênio e ainda de molécula sinalizadora de efeitos autócrinos e endócrinos.[82] Para a determinação da concentração de lactato é utilizado um lactímetro, onde é realizado a coleta de amostras de sangue capilar, e a

unidade de lactato acumulada são convertidas em unidades calóricas.[83] A coleta pode ser realizada pré e pós sessão de treinamento, mas idealmente após cada exercício.[40]

3.4.2 Equivalentes Metabólicos da Tarefa

Com as variadas formas de realização de movimentos corporais que resultam em gasto energético, demonstrou-se a necessidade de um método simples e prático, e que fosse de fácil compreensão para quantificar o custo das atividades, desde exercícios físicos até mesmo a atividades domésticas.[36] Além disso, os benefícios envolvidos em atividades vão além do gasto energético total para realizá-las, o que torna essencial compreender as intensidades em que essas atividades ocorrem. A intensidade dos exercícios é determinada pelo nível de esforço necessário para serem realizados, e determinar os níveis de intensidade da atividade com precisão é fundamental.[84]

Os equivalentes metabólicos da tarefa (METs), tratam-se de um procedimento para quantificar o custo energético e potencial aeróbico durante uma atividade. Representam o número de vezes que o metabolismo de manutenção foi multiplicado para a realização daquela atividade.[85] Os valores dos METs são definidos pela razão entre a taxa metabólica de trabalho e uma taxa metabólica de repouso de 1kcal/kg, ou seja, um MET é considerado o custo energético de uma pessoa em repouso.[86]

1-MET pode ser definido, portanto, como taxa metabólica de repouso, ou seja, leva em consideração a quantidade de oxigênio que é consumida em repouso. Sendo esse valor aproximadamente a 3,5 ml de O_2 por Kg de peso corporal. Conseguindo assim, expressar que o custo energético das atividades, dividindo o custo relativo do oxigênio (ml O_2/kg/min), multiplicando por 3,5, o que leva a uma mais fácil compreensão dessa determinação.[87] Isto significa, por exemplo, que para uma pessoa realizar determinada atividade com a intensidade de 2 METs, ela requer o dobro do seu metabolismo em repouso.

Contudo, para que se possa realizar esse método de cálculo indireto em relação ao custo da atividade e sua intensidade, é necessário utilizar métodos padronizados para medir e classificar as atividades físicas. A partir dessa necessidade de medir e classificar as atividades físicas foi criado o primeiro Compêndio de Atividade Física no ano de 1993,[88] sendo este atualizado com o decorrer dos anos, com sua última atualização no ano de 2024, com a inclusão do Compêndio para adultos mais velhos, assim como, para atividades em cadeira de rodas.[89] Através dele é possível estimar o CE de uma atividade e expressa-la em Kcal, utilizando a Taxa Metabólica de Repouso (TMR), multiplicando pelos valores de METs fornecidos no

Compêndio (TMR é próximo a 1 kcal x peso corporal). Ou seja, com dados do valor de MET da atividade, peso corporal do indivíduo e duração da atividade é possível quantificar as kcal utilizadas.[88] Porém, deve ser ressaltado que os valores reais de MET podem variar de pessoa para pessoa, já que essas variáveis dependem de fatores como composição corporal e nível de atividade física.[90]

Além disso, o Compêndio é frequentemente utilizado como um indicador do nível da intensidade da atividade física, podendo elas serem classificadas como leves (< 3 METs), moderadas (≥3 Mets ≤ 6 METs) ou vigorosas (> 6 METs).[90] Desta forma, permite que profissionais possam verificar se as atividades atendem as recomendações dos níveis de atividade física necessárias no momento da prescrição do exercício. Contudo, o equivalente metabólico é um entre outros métodos para a avaliação da intensidade de exercício, sendo os mais utilizados o VO_2 máx, FC, Percepção subjetiva de esforço entre outras. Na tabela 5 será demonstrado formas de classificação de intensidade de exercício usadas habitualmente na prática, contudo, deve ser salientado que a relação entre o CE real e a intensidade do exercício depende de vários outros fatores como composição corporal, idade, nível de condicionamento entre outros. [11]

Tabela 5. Classificação de Intensidade do exercício para resistência cardiorrespiratória e Treinamento Resistido

Intensidade	**Intensidade Relativa**				**Intensidade Absoluta**
	%FC ou % VO_2	% $FC_{máx}$	% $VO_{2\ máx}$	Percepção de Esforço Escala PSE (6-20)	METS
Muito leve	< 30	< 57	< 37	<Muito leve (< 9)	< 2
Leve	30-39	57-63	37-45	Muito leve – razoavelmente leve (9-11)	2–2,9
Moderado	40-59	64-76	46-63	Razoavelmente leve – um pouco difícil (12-13)	3–5,9
Vigoroso	60-89	77-95	64-90	Um pouco difícil à muito difícil (14-17)	6–8,7
Quase máximo – máximo	≥ 90	≥ 96	≥ 91	≥ Muito difícil (≥ 18)	≥ 8,8

PSE: Percepção subjetiva de Esforço; METs: Equivalentes Metabólicos

Adaptado de Garber[11]

Apesar desses métodos de avaliação de intensidade possam estar subestimando ou superestimando o nível da intensidade do exercício, eles são úteis para aproximar o gasto energético de um indivíduo, e são recomendados para o uso ao prescrever exercícios físicos.[11]

3.5 Custo Energético e Exercício Físico

O treinamento físico é uma estratégia eficaz para aumentar o CE, sendo este o componente com maior variação, desempenhando papel fundamental na regulação do peso corporal e melhora da aptidão cardiorrespiratória.[15] O Exercício físico é um complexo, e devido ao seu papel importante, se faz necessário entender quantitativamente a sua intensidade de esforço.[91] Uma classificação inadequada da intensidade do exercício pode levar a uma limitação importante, superestimando ou subestimando as estimativas do exercício, assim como, distorcer os seus desfechos.[92]

Atualmente, as recomendações de exercício para atingir desfechos de saúde positivos, é de ao menos 30 minutos de atividade física moderada cinco dias da semana ou ainda 20 minutos de intensidade vigorosa em três dias da semana, ou então uma combinação de exercícios de intensidade moderada a vigorosa de 450 a 750 MET·min·sem. Em algumas modalidades de exercício físico já é claro na literatura esse potencial, como pode ser observado na tabela 6, onde foram retiradas alguns métodos de treinamento atualizados no compêndio 2024.[89]

Tabela 6. Exercícios aeróbicos e seus equivalentes metabólicos

Exercício	MET
Corrida Geral em ritmo auto-selecionado	7,5 METs
Ciclismo esforço moderado ritmo auto-selecionado	7 METs
Dança de salão recreativa	6 METs
Voleibol competitivo no ginásio	6 METs
Atletismo (Corrida de obstáculos)	10 METs

Referência: Herrmann et al.[89]

Vale ser ressaltado, que os exercícios mencionados, são atividades que possuem características aeróbicas, com longa duração, contínuo e que envolvem grandes grupos musculares, o que leva ao consumo de uma grande quantidade de gases, respectivamente a um grande custo energético.[44] Já quando observamos exercícios de propriedades anaeróbicas, como o treinamento com pesos, deve ser levado em consideração que as vias metabólicas são diferentes aos do exercício aeróbico, o que leva a uma demanda energética maior após o encerramento da atividade.[94] Além disso, o componente anaeróbico para a produção de energia para exercícios resistidos deve ser levado em consideração. Pois como já mencionado anteriormente, o TR caracteriza-se por não permitir que o indivíduo atinja um estado de

equilíbrio metabólico, deste modo, fazendo uso dos ATPs fornecidos através do metabolismo anaeróbico. [36]

Tabela 7. Exercícios anaeróbicos e seus equivalentes metabólicos

Exercício	MET
Treinamento de resistência (exercícios múltiplos) 8-15 repetições	3,5 METs
Pilates geral	2,8 METs
Treinamento em circuito intensidade moderada	5 METs
Calistenia (flexões, abdominais, burpees) intensidade moderada	3,8 METs

Referência: Herrmann et al.[89]

Deste modo, realizar avaliações de exercícios com essas caraterísticas anaeróbicas, através de colorimetria indireta, não levando em consideração fatores anaeróbicos do exercício, pode subestimar os valores reais de CE.[44] Como podemos observar na Tabela 7 onde apresenta os valores de equivalência metabólica de exercícios com característica anaeróbica, porém, avaliados da mesma forma que exercícios de características aeróbicas. Segundo Magosso et al.[93] e Mitchell et al.[40], analisar apenas o consumo de oxigênio durante TR é inadequado, sendo importante reconhecer a contribuição do lactato e do EPOC para se verificar o verdadeiro potencial do CE.

Sendo corroborado pelo estudo de Lyristakis,[95] no qual buscava verificar a confiabilidade de 3 métodos indiretos para medir o CE durante exercícios de resistência, sendo dois deles (Método Scott e Magosso) levando em consideração os componentes anaeróbicos do TR. Foi realizado 3 sessões de TR em três dias separados, que compreenderam em um protocolo de exercícios de supino reto e agachamento. Para análise do CET do TR foi avaliado o CE de maneira aeróbica (analisador de gases) durante toda a sessão de treinamento, o CE anaeróbico foi avaliado através do lactato sanguíneo que foi verificado durante a execução do exercício assim como, dois, três e cinco minutos pós para a avaliação do EPOC da atividade, após todas séries de supino e agachamento, permaneceram sentados para que o EPOC fosse avaliado. O método Scott realiza a conversão de 1L de O^2 é equivalente a 21,1kj e para as medidas de captação em repouso são convertidas a cada 1L de O^2 consumido para 19,6kj (para descartar componentes anaeróbicos), o gasto energético anaeróbico foi calculado através dos valores de lactato multiplicado pelo peso corporal do participante, e então multiplicado por 3,0 ml de $O^{2.}$ Esse equivalente de O^2 foi convertido em kj e assim a soma dos valores aeróbicos com os aneróbicos e os valores de recuperação foram somados para fornecer o CET, sendo os dois métodos de avaliação muito similares. Os dois métodos de avaliação apresentaram

confiabilidade de “forte” a “muito forte”, demonstrando-se como métodos confiáveis para estimar o CE durante essas atividades, em contraste com a FC que apresentou confiabilidade moderada.

Falcone et al.[96] buscou comparar o custo energético em uma sessão de diferentes métodos de treinamento, incluindo exercícios aeróbicos (bicicleta e esteira), treinamento com pesos e treinamento combinado, em uma população de adultos jovens do sexo masculino, moderadamente ativos, relatando em seus resultados que a atividade que obteve um maior custo energético foi a atividade de exercício combinado 12,62 ± 2,36 kcal/min, que se utiliza tanto das características aeróbicas e anaeróbicas durante sua execução. Por sua vez, no treinamento com pesos, o gasto energético foi de 8,83 ± 1,55 kcal/min, para o treinamento em esteira 9,48 ± 1,30 kcal/min e para bicicleta 9,23 ± 1,25 kcal/min. Deve ser ressaltado, que em nenhuma das atividades foi realizado a avaliação de gasto energético induzidas após o exercício. Rustaden et al.[94] também buscou compreender o nível de gasto energético em duas diferentes modalidades de treinamento resistido, com baixa carga e um alto número de repetições e o exercício resistido convencional, três séries com oito repetições, onde não observou diferenças significativas entre as modalidades, com 302 ± 67 kcal/sessão e 289 ± 69 kcal/sessão, respectivamente.

Por outro lado, exercícios como a Yoga e Tai Chi Chuan, considerados exercícios de corpo-mente, que são realizados de forma mais lenta, requerendo técnicas de concentração e respiração específicas, não apresentam o mesmo potencial de CE de exercícios físicos convencionais. A Yoga por exemplo apresenta um CE < 3,02 kcal/min ou ainda quando observado os METs, em revisão sistemática recente foi verificado que os mais diversos métodos de Yoga variaram de intensidade leve (<3 Mets) ou moderada (3-6 METs) mais em sua maioria em menor intensidade.[18,98] Já por sua vez o Tai Chi Chuan apresentou valores de CE de 1,6 kcal/min,[19] no trabalho de Schneider e Leung,[99] que tinha por objetivo principal avaliar e comparar as respostas metabólicas no Tai Chi Chuan e da técnica de luta Wing Chun em vinte voluntários, verificou que as alterações metabólicas geradas no Tai Chi foram de aproximadamente 4,6 METs sendo assim considerada uma atividade de intensidade leve a moderada. Assim como a Yoga e o Tai Chi Chuan, o Pilates é considerado um exercício corpo-mente, que em alguns aspectos se assemelha a estas modalidades, como ao exigir que princípios como respiração, concentração, controle e precisão sejam seguidos durante os movimentos. Embora alguns estudos já tenham sido realizados visando verificar o CE durante uma sessão de Pilates, a heterogeneidade dos protocolos de intervenção gerou resultados consistentemente diferentes entre os estudos.

O estudo mais recente de Gultekin et al.[30] realizou um estudo Cross-over onde em duas sessões diferentes foram realizados exercícios de Mat Pilates associado a duas diferentes velocidades de caminhada, e verificou que uma única sessão de Pilates é capaz de produzir alterações metabólicas comparáveis ao exercício aeróbico de intensidade baixa. Por sua vez, Silva et al.[35] analisou o gasto calórico indireto de uma sessão de Pilates em equipamentos, onde utilizou-se de 5 equipamentos clássicos do Pilates para a realização de 5 exercícios e verificou que os exercícios que levavam a um aumento da FC por consequência levaram a um maior CE, podendo ser o Pilates uma modalidade que auxilia na manutenção ou redução do peso corporal.

Jung et al.[33] buscou analisar por sua vez o CE em pessoas já com experiência no método Pilates em duas diferentes condições, normoxica ou hipóxicas para comparar as alterações metabólicas entre elas, e verificou que em condições hipóxicas houveram maiores alterações metabólicas nos participantes. O único trabalho que realizou comparação entre o Mat Pilates e Pilates em equipamentos foi o trabalho de Andrade et al,[32] realizado no Brasil, contudo ele realizou a comparação em apenas um equipamento o Reformer, onde verificou que as maiores alterações metabólicas ocorreram nos exercícios realizados em equipamento. No trabalho de Almeida et al.[31] foi verificado o CE de três diferentes sessões de Pilates, onde foram alteradas algumas variáveis de treinamento como volume, tempo de descanso e repetições e a sessão de Pilates que obteve um maior nível de alteração metabólica foi a sessão com um maior número de séries e repetições com tempo de descanso menor. Por fim, o Santo et al.[34] realizou um trabalho de intervenção única de Mat Pilates, composta de 21 exercícios, contudo realizou a avalição do CE através de medida indiretas como avaliação da FC e percepção subjetiva de Esforço. Deste modo, é necessário uma melhor compreensão e avaliação do CE em uma sessão de Pilates, assim como, uma melhor investigação de como uma sessão de Pilates pode interferir metabolicamente no organismo, para que se atinja os valores recomendados para desfechos positivos de saúde.

4. REFERÊNCIAS

1. Cruz JC, Liberali R, Cruz TMF, Netto MIA. The Pilates method in the rehabilitation of musculoskeletal disorders: a systematic review. Fisioter. Mov. 2016; 29 (3): 609-622.
2. Phuphanich ME, Droessler J, Altman L, Eapen BC. Movement-Based Therapies in Rehabilitation. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2020; 31(4):577-591.
3. Oliveira RG, Oliveira LC, Método Pilates – Reabilitação e Condicionamento Físico. 1ª edição. Editora Alpha Ultrapess. 2015.
4. Wells C, Kolt GS, Bialocerkowski A. Defining Pilates exercise: a systematic review. Complement Ther Med. 2012; 20(4):253-62.
5. Guimarães Lima M, Malta DC, Monteiro CN, da Silva Sousa NF, Stopa SR, Medina LPB, de Azevedo Barros MB. Leisure-time physical activity and sports in the Brazilian population: A social disparity analysis. PLoS One. 2019; 14(12):e0225940.
6. Hornsby E, Johnston LM. Effect of Pilates Intervention on Physical Function of Children and Youth: A Systematic Review. Arch Phys Med Rehabil. 2020; 101(2):317-328.
7. Fernández-Rodríguez R, Álvarez-Bueno C, Ferri-Morales A, Torres-Costoso A, Pozuelo-Carrascosa DP, Martínez-Vizcaíno V. Pilates improves physical performance and decreases risk of falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. Physiotherapy. 2021; 112:163-177.
8. MacInnis MJ, Gibala MJ. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. J Physiol. 2017; 595(9):2915-2930.
9. Carvalho L, Junior RM, Barreira J, Schoenfeld BJ, Orazem J, Barroso R. Muscle hypertrophy and strength gains after resistance training with different volume-matched loads: a systematic review and meta-analysis. Appl Physiol Nutr Metab. 2022; 47(4):357-368.
10. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, Carty C, Chaput JP, Chastin S, Chou R, Dempsey PC, DiPietro L, Ekelund U, Firth J, Friedenreich CM, Garcia L, Gichu M, Jago R, Katzmarzyk PT, Lambert E, Leitzmann M, Milton K, Ortega FB, Ranasinghe C, Stamatakis E, Tiedemann A, Troiano RP, van der Ploeg HP, Wari V, Willumsen JF. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Br J Sports Med. 2020; 54(24):1451-1462.
11. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, Nieman DC, Swain DP; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. Med Sci Sports Exerc. 2011; 43(7):1334-59.
12. Brubaker PH, Ross JH, Joo KC. Contemporary Approaches to Prescribing Exercise in Coronary Artery Disease Patients. Am J Lifestyle Med. 2016; 12(2):130-139.
13. Khanfir MA, Awicha HB, Masmoudi L, Hmadou FB, Dardouri W, Alardan S, Nouira S, Zouch M. Effects of Different Low-Intensity Exercise Types on Duration, Energy Expenditure and Perceived Exertion in Obese Individuals. Int J Environ Res Public Health. 2022 Apr;19(8):4893.
14. Colley RC, Hills AP, King NA, Byrne NM. Exercise-induced energy expenditure: implications for exercise prescription and obesity. Patient Educ Couns. 2010; 79(3):327-32.
15. Westerterp KR. Control of energy expenditure in humans. Eur J Clin Nutr. 2017; 71(3):340-344.

16. João GA, Rodriguez D, Tavares LD, Carvas Junior N, Miranda ML, Reis VM, Bocalini DS, Baker JS, Figueira AJ Jr. Can intensity in strength training change caloric expenditure? Systematic review and meta-analysis. Clin Physiol Funct Imaging. 2020; 40(2):55-66.
17. Brewer CB, Booher BM, Lawton N. Comparison of Acute Energy Expenditure and Rating of Perceived Exertion in Equivalent Bouts of Circuit Training and Treadmill Running. J Strength Cond Res. 2021; 35(3):680-687.
18. Ray US, Pathak A, Tomer OS. Hatha yoga practices: energy expenditure, respiratory changes and intensity of exercise. Evid Based Complement Alternat Med. 2011; 241294.
19. Smith LL, Wherry SJ, Larkey LK, Ainsworth BE, Swan PD. Energy expenditure and cardiovascular responses to Tai Chi Easy. Complement Ther Med. 2015; 23(6):802-5.
20. Muscolino JE, Cipriani S. Pilates and the "powerhouse"—II. J Bodyw Mov Ther. 2004; 8, (2):122-130.
21. Latey, P. The Pilates method: history and philosophy. J Bodyw Mov Ther. 2001; 5,(4): 275-282.
22. Reyneke D. Pilates moderno: a perfeita forma física ao seu alcance. Barueri São Paulo: Manole, 2009.
23. Bryan M, Hawson S. The benefits of Pilates exercise in orthopaedic rehabilitation. J. Orthop. Tech. 2003; 18(1):126-129.
24. Byrnes K, Wu PJ, Whillier S. Is Pilates an effective rehabilitation tool? A systematic review.. 2018; 22(1):192-202.
25. Wang Y, Chen Z, Wu Z, Ye X, Xu X. Pilates for Overweight or Obesity: A Meta-Analysis. Front Physiol. 2021;12:643455.
26. Di Lorenzo CE. Pilates: what is it? Should it be used in rehabilitation? Sports Health. 2011; 3(4):352-61.
27. Souza MVS, Vieira CB. Who are the people looking for the Pilates method? J Bodyw Mov Ther. 2006; 10 (4): 328-334.
28. Bullo V, Bergamin M, Gobbo S, Sieverdes JC, Zaccaria M, Neunhaeuserer D, Ermolao A. The effects of Pilates exercise training on physical fitness and wellbeing in the elderly: A systematic review for future exercise prescription. Prev Med. 2015; 75:1-11.
29. Pessôa RAG, de Oliveira LC, Vitor GBB, de Oliveira RG. Effects of Pilates exercises on cardiorespiratory fitness: A systematic review and meta-analysis. Complement Ther Clin Pract. 2023;5 2:101772.
30. Gultekin SC, Ozcan Kahraman B, Kahraman T. Cardiorespiratory responses: Pilates compared to different walking speeds in healthy adults. Ir J Med Sci. 2024;193(1):139-147.
31. Almeida ID, Andrade LD, Mochizuki L, Souza CV, Falk Neto JH, Kennedy MD, Maciel LA, Durigan JLQ, Mota YL. Effect of three different Pilates sessions on energy expenditure and aerobic metabolism in healthy females. Sport Sci Health. 2021;17, 223–231.
32. Andrade LS, Almeida IS, Mochizuki L, Sousa CV, Falk Neto JH, Kennedy MD, Quagliotti Durigan JL, Mota YL. What is the exercise intensity of Pilates? An analysis of the energy expenditure, blood lactate, and intensity of apparatus and mat Pilates sessions. J Bodyw Mov Ther. 2021; 26:36-42.
33. Jung K, Seo J, Jung WS, Kim J, Park HY, Lim K. Effects of an Acute Pilates Program under Hypoxic Conditions on Vascular Endothelial Function in Pilates Participants: A Randomized Crossover Trial. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(7):2584.
34. Santo BCRE, Garcias L, Bertoli J, Kulevicz da Silva AC, Freitas CR. Acute effects of mat Pilates session on heart rate and rating of perceived exertion. J Bodyw Mov Ther. 2020; 24(2):104-108.

35. Silva ML, Rezende TM, Gonçalves M, Silva Júnior, AJ. Parâmetros Cardiovasculares e Gasto Energético Indireto no Pilates. Ciênc. Mov. 2014; 16 (32): 17-25.
36. Magosso RF, Campanholi Neto J, Carli JPC, Figueira TG, Souza GS, Robert-Pires CM, Baldissera V. A Review of Ergogenesis and Effect of Training Variables on Energy Expenditure in Resistance Training Exercises. J. Exerc. Physiol. Online. 2017; 20(2):99-110.
37. Gholamalishahi S, Backhaus I, Cilindro C, Masala D, La Torre G. Pilates-based exercise in the reduction of the low back pain: an overview of reviews. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2022; 26(13):4557-4563.
38. Westcott WL. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. Curr Sports Med Rep. 2012;11(4):209-16.
39. Larsen S, Kristiansen E, van den Tillaar R. Effects of subjective and objective autoregulation methods for intensity and volume on enhancing maximal strength during resistance-training interventions: a systematic review. PeerJ. 2021;9:e10663.
40. Mitchell L, Wilson L, Duthie G, Pumpa K, Weakley J, Scott C, Slater G. Methods to Assess Energy Expenditure of Resistance Exercise: A Systematic Scoping Review. Sports Med. 2024; 54(9):2357-2372.
41. Moda TEDR, Viana RB, Dias RKN, Penna EM, Coswig VS. Responsiveness of functional performance and muscle strength, power, and size to resistance training: A systematic review. Sports Med Health Sci. 2023; 6(2):111-122.
42. Scott CB. Contribution of blood lactate to the energy expenditure of weight training. J Strength Cond Res. 2006;20(2):404-11.
43. Scott CB, Croteau A, Ravlo T. Energy expenditure before, during, and after the bench press. J Strength Cond Res. 2009; 23(2):611-8.
44. Scott CB. Quantifying the immediate recovery energy expenditure of resistance training. J Strength Cond Res. 2011;25(4):1159-63.
45. Ratamess NA, Smith CR, Beller NA, Kang J, Faigenbaum AD, Bush JA. Effects of Rest Interval Length on Acute Battling Rope Exercise Metabolism. J Strength Cond Res. 2015; 29(9):2375-87.
46. Farinatti PT, Castinheiras Neto AG. The effect of between-set rest intervals on the oxygen uptake during and after resistance exercise sessions performed with large and small-muscle mass. J Strength Cond Res. 2011;25(11):3181-3190.
47. Kelleher AR, Hackney KJ, Fairchild TJ, Keslacy S, Ploutz-Snyder LL. The metabolic costs of reciprocal supersets vs. traditional resistance exercise in young recreationally active adults. J Strength Cond Res. 2010;24(4):1043-1051.
48. de Freitas MC, Gerosa-Neto J, Zanchi NE, Lira FS, Rossi FE. Role of metabolic stress for enhancing muscle adaptations: Practical applications. World J Methodol. 2017; 7(2):46-54.
49. De Feo P, Di Loreto C, Lucidi P, Murdolo G, Parlanti N, De Cicco A, Piccioni F, Santeusanio F. Metabolic response to exercise. J Endocrinol Invest. 2003;26(9):851-4.
50. Hargreaves M. Skeletal muscle metabolism during exercise in humans. Clin Exp Pharmacol Physiol. 2000;27(3):225-8.
51. Hargreaves M, Spriet LL. Exercise Metabolism: Fuels for the Fire. Cold Spring Harb Perspect Med. 2018; 8(8):a029744.
52. Hargreaves M, Spriet LL. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. Nat Metab. 2020; 2(9): 817-828.
53. Gastin PB. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. Sports Med. 2001;31(10):725-41.

54. Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, Gastaldelli A, Horowitz JF, Endert E, Wolfe RR. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. Am J Physiol. 1993;265(3 Pt 1):E380-91.
55. Nath S, Villadsen J. Oxidative phosphorylation revisited. Biotechnol Bioeng. 2015;112(3):429-37.
56. Volp ACP, Oliveira GCE, Alves RDM, Esteces EA, Bressan J. Gasto energético: componentes y métodos de evaluación. Nutr. hosp, 2011; 26(3): 430-440.
57. Redondo RB, Gasto energético en reposo. Métodos de evaluación y aplicaciones. Rev. esp. nutr. comunitaria.. 2015;21(1):243-25.
58. Müller MJ, Wang Z, Heymsfield SB, Schautz B, Bosy-Westphal A. Advances in the understanding of specific metabolic rates of major organs and tissues in humans. Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2013;16(5):501-8.
59. Bowes HM, Burdon CA, Taylor NAS. The scaling of human basal and resting metabolic rates. Eur J Appl Physiol. 2021;121(1):193-208.
60. DiNuzzo M, Nedergaard M. Brain energetics during the sleep-wake cycle. Curr Opin Neurobiol. 2017;47:65-72.
61. Calcagno M, Kahleova H, Alwarith J, Burgess NN, Flores RA, Busta ML, Barnard ND. The Thermic Effect of Food: A Review. J Am Coll Nutr. 2019;38(6):547-551.
62. Westerterp KR. Control of energy expenditure in humans. Eur J Clin Nutr. 2017;71(3):340-344.
63. Westerterp KR. Exercise, energy balance and body composition. Eur J Clin Nutr. 2018; 72(9):1246-1250.
64. Achamrah N, Delsoglio M, De Waele E, Berger MM, Pichard C. Indirect calorimetry: The 6 main issues. Clin Nutr. 2021;40(1):4-14.
65. Pontzer H, Durazo-Arvizu R, Dugas LR, Plange-Rhule J, Bovet P, Forrester TE, Lambert EV, Cooper RS, Schoeller DA, Luke A. Constrained Total Energy Expenditure and Metabolic Adaptation to Physical Activity in Adult Humans. Curr Biol. 2016;26(3):410-7.
66. Ndahimana D, Kim EK. Measurement Methods for Physical Activity and Energy Expenditure: a Review. Clin Nutr Res. 2017;6(2):68-80.
67. Schoffelen PFM, Plasqui G. Classical experiments in whole-body metabolism: open-circuit respirometry-diluted flow chamber, hood, or facemask systems. Eur J Appl Physiol. 2018;118(1):33-49.
68. Sanchez-Delgado G, Ravussin E. Assessment of energy expenditure: are calories measured differently for different diets? Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2020;23(5):312-318.
69. Kenney Wl, Wilmore JH, Costill DL. Fisiologia do esporte e do exercício. Manole, 2013.
70. Melo CM, Tirapegui J, Ribeiro SML. Gasto energético corporal: conceitos, formas de avaliação e sua relação com a obesidade. Arq. Bras. Endocrinol. Metabol.. 2008; 52: 52-464.
71. Oshima T, Graf S, Heidegger CP, Genton L, Pugin J, Pichard C. Can calculation of energy expenditure based on CO2 measurements replace indirect calorimetry? Crit Care. 2017. 21;21(1):13.
72. Macfarlane DJ. Open-circuit respirometry: a historical review of portable gas analysis systems. Eur J Appl Physiol. 2017;117(12):2369-2386.
73. Overstreet BS, Bassett DR Jr, Crouter SE, Rider BC, Parr BB. Portable open-circuit spirometry systems. J Sports Med Phys Fitness. 2017;57(3):227-237.
74. Haugen HA, Chan LN, Li F. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. Nutr Clin Pract. 2007;22(4):377-88.

75. Achamrah N, Oshima T, Genton L. Innovations in energy expenditure assessment. Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2018;21(5):321-328.
76. Astrup A, Gøtzsche PC, van de Werken K, Ranneries C, Toubro S, Raben A, Buemann B. Meta-analysis of resting metabolic rate in formerly obese subjects. Am J Clin Nutr. 1999;69(6):1117-22.
77. Green JM, Laurent CM, Bacon NT, Oneal EK, Davis JK, Bishop PA. Crossmodal session rating of perceived exertion response at low and moderate intensities. J Strength Cond Res. 2011;25(6):1598-604.
78. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc. 1982;14(5):377-81.
79. Smutok MA, Skrinar GS, Pandolf KB. Exercise intensity: subjective regulation by perceived exertion. Arch Phys Med Rehabil. 1980;61(12):569-74.
80. Yoshida A, Ishikawa-Takata K, Suzuki N, Kushibe S, Isso S, Taguchi M, Tanaka S, Higuchi M. A new approach to assessment of energy expenditure during physical training. Jpn J Phys Fit Sport. 2015; 64 (1): 152-134.
81. Yoshida A, Ishikawa-Takata K, Tanaka S, Suzuki N, Nakae S, Murata H, Taguchi M, Higuchi M. Validity of Combination Use of Activity Record and Accelerometry to Measure Free-Living Total Energy Expenditure in Female Endurance Runners. J Strength Cond Res. 2019;33(11):2962-2970.
82. Brooks GA. Lactate as a fulcrum of metabolism. Redox Biol. 2020;35:101454.
83. João GA, Almeida GPL, Tavares LD, Kalva-Filho CA, Carvas Junior N, Pontes FL, Baker JS, Bocalini DS, Figueira AJ. Acute Behavior of Oxygen Consumption, Lactate Concentrations, and Energy Expenditure During Resistance Training: Comparisons Among Three Intensities. Front Sports Act Living. 2021; 5;3:797604.
84. Mendes MA, da Silva I, Ramires V, Reichert F, Martins R, Ferreira R, Tomasi E. Metabolic equivalent of task (METs) thresholds as an indicator of physical activity intensity. PLoS One. 2018;13(7):e0200701.
85. Ravagnani CFC, Melo FCL, Ravagnani, FCP, Burini FHP, Burini RC. Estimativa do equivalente metabólico (MET) de um protocolo de exercícios físicos baseada na calorimetria indireta.RBME. 2013;19:34-138.
86. Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. Med Sci Sports Exerc. 2011;43(8):1575-81.
87. Jetté M, Sidney K, Blümchen G. Metabolic equivalents (METS) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. Clin Cardiol. 1990;13(8):555-65.
88. Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, Jacobs DR Jr, Montoye HJ, Sallis JF, Paffenbarger RS Jr. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. Med Sci Sports Exerc. 1993;25(1):71-80.
89. Herrmann SD, Willis EA, Ainsworth BE, Barreira TV, Hastert M, Kracht CL, Schuna JM Jr, Cai Z, Quan M, Tudor-Locke C, Whitt-Glover MC, Jacobs DR Jr. 2024 Adult Compendium of Physical Activities: A third update of the energy costs of human activities. J Sport Health Sci. 2024;13(1):6-12.
90. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, Bauman A. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Med Sci Sports Exerc. 2007;39(8):1423-34.

91. Butte NF, Watson KB, Ridley K, Zakeri IF, McMurray RG, Pfeiffer KA, Crouter SE, Herrmann SD, Bassett DR, Long A, Berhane Z, Trost SG, Ainsworth BE, Berrigan D, Fulton JE. A Youth Compendium of Physical Activities: Activity Codes and Metabolic Intensities. Med Sci Sports Exerc. 2018;50(2):246-256.
92. Mendes MA, da Silva I, Ramires V, Reichert F, Martins R, Ferreira R, Tomasi E. Metabolic equivalent of task (METs) thresholds as an indicator of physical activity intensity. PLoS One. 2018;13(7):e0200701.
93. Vezina JW, Der Ananian CA, Campbell KD, Meckes N, Ainsworth BE. An examination of the differences between two methods of estimating energy expenditure in resistance training activities. J Strength Cond Res. 2014;28(4):1026-31.
94. Magosso RF, Campanholi Neto J, Carli JPC, Figueira TG, Souza GS, Robert-Pires CM, Baldissera Energy expenditure during multiple sets of leg press and bench press. . J. Exerc. Physiol. Online. 2013;16(5):57-63.
95. Lyristakis P, Ball N, McKune AJ. Reliability of methods to measure energy expenditure during and after resistance exercise. Appl Physiol Nutr Metab. 2019;44(12):1276-1282.
96. Falcone PH, Tai CY, Carson LR, Joy JM, Mosman MM, McCann TR, Crona KP, Kim MP, Moon JR. Caloric expenditure of aerobic, resistance, or combined high-intensity interval training using a hydraulic resistance system in healthy men. J Strength Cond Res. 2015;29(3):779-85.
97. Rustaden AM, Gjestvang C, Bø K, Haakstad LAH, Paulsen G. Similar Energy Expenditure During BodyPump and Heavy Load Resistance Exercise in Overweight Women. Front Physiol. 2020;10;11:570.
98. Larson-Meyer DE. A Systematic Review of the Energy Cost and Metabolic Intensity of Yoga. Med Sci Sports Exerc. 2016;48(8):1558-69.
99. Schneider D, Leung R. Metabolic and cardiorespiratory responses to the performance of Wing Chun and T'ai Chi Chuan exercise. Int J Sports Med. 1991;12(3):319-23.

5. ARTIGO CIENTÍFICO

Custo energético e intensidade metabólica dos exercícios de Pilates: uma revisão sistemática com metanálise

Introdução: O conhecimento do custo energético e intensidade metabólica do exercício, auxilia profissionais quando da sua prescrição, visando diferentes objetivos, como para redução da gordura corporal e atendimento de diretrizes de saúde pública. Porém, para algumas modalidades, como é o caso do Pilates, ainda pouco se sabe sobre o real valor para estes desfechos.

Objetivos: Nosso objetivo primário foi verificar o equivalente metabólico (MET) e o custo energético dos exercícios de Pilates. Como objetivo secundário, observamos outras medidas tipicamente utilizadas na prática profissional para monitorar a intensidade do exercício, como frequência cardíaca e *rating of perceived exertion* (RPE).

Métodos: Uma busca sistematizada foi realizada em: PubMed, CENTRAL, Embase, Web of Science, SPORTDiscus e CINAHL (em 9 de maio de 2024). A qualidade metodológica dos estudos foi avaliada pela escala de Rosendal. Para metanálise, foi utilizada a média ponderada entre os estudos, considerando os seguintes desfechos: METs; custo energético (kcal/min); volume de oxigênio – VO_2 (ml/kg/min); percentual da frequência cardíaca máxima (%$FC_{máx}$); e RPE (Borg 6-20). A certeza da evidência foi analisada pelo sistema GRADE. Análises de subgrupo consideraram os seguintes moderadores: experiência prévia com Pilates; tempo de descanso entre séries/exercícios e tipo de Pilates aplicado (mat ou equipamentos).

Resultados: Após triagem, seis estudos atenderam aos critérios de inclusão. Dois estudos apresentaram alto risco de viés. Evidências de certeza muito baixa a baixa mostraram que uma sessão de Pilates proporciona em média: 3,7 ($IC_{95\%}$ 3,1 – 4,3) METs; 3,8 ($IC_{95\%}$ 3,1 – 4,5) kcal/min; VO_2 de 10,3 ($IC_{95\%}$ 8,1 – 12,6) ml/kg/min; %$FC_{máx}$ de 55,1 ($IC_{95\%}$ 52,8 – 57,3); e RPE de 10,6 ($IC_{95\%}$ 9,3 – 12,0). Ao excluir dois estudos com alto risco de viés e que não mediram a intensidade metabólica e o custo energético por calorimetria indireta, os valores foram reduzidos para 3,0 ($IC_{95\%}$ 2,3 – 3,6) METs e 2,9 ($IC_{95\%}$ 2,3 – 3,6) kcal/min. O principal moderador foi o intervalo de descanso entre séries/exercícios, que quando ≤ 60 segundos aumentou significativamente todos os efeitos observados.

Conclusão: No geral, Pilates pode ser classificado como uma atividade de moderada intensidade, sendo necessário, que durante as sessões, o descanso entre séries e exercícios não

exceda um minuto. Com isso, sessões de 60 minutos, realizadas três vezes na semana, são suficientes para inicialmente atender as diretrizes de saúde pública para prática de atividade física (450 to 750 MET·min·sem). No entanto, devido a baixa certeza da evidência, mais estudos são necessários para confirmar estes achados.

Palavras-chave: exercício; metabolismo energético; calorimetria indireta; frequência cardíaca; percepção do esforço.

1. Introdução

Pilates caracteriza-se como um conjunto de exercícios de resistência muscular localizada e alongamentos, que podem ser realizados basicamente de duas maneiras: 1) no solo, sobre um colchonete de ginástica, requerendo apenas o peso corporal como forma de resistência e/ou utilizando acessórios, como bola suíça e faixas elásticas; e 2) em equipamentos, como Cadillac, Reformer, Step Chair e Ladder Barrel, especialmente desenvolvidos para a prática de Pilates, que além do peso corporal, utilizam principalmente resistência elástica, proporcionada por molas de diferentes intensidades.[1]

Os exercícios de Pilates, embora tenham sido criados em meados do século XX, tornaram-se popular em todo o mundo apenas mais recentemente. Nos Estados Unidos, o número de praticantes passou de aproximadamente oito milhões em 2010 para próximo de 12 milhões em 2023.[2] No Brasil, um levantamento populacional agrupou atividades físicas por afinidade, estando o Pilates agrupado com Yoga e alongamento. Entre a população geral, estas atividades ficaram entre as seis mais praticadas, e em segundo lugar, entre adultos com mais de 60 anos, neste caso, ficando atrás apenas da caminhada.[3]

Por envolver exercícios de fortalecimento e alongamento, Pilates tem sido prescrito principalmente para melhora da força e resistência muscular, flexibilidade, alinhamento e controle postural.[4-7] Durante a execução dos exercícios, são seguidos seis princípios básicos: concentração, centralização, controle, fluidez, precisão e respiração.[1] Com isso, os movimentos são executados de forma mais lenta que exercícios convencionais, análogo ao que ocorre em modalidades de exercícios tradicionais asiáticos, tipicamente denominados de exercícios "corpo-mente", como a Yoga, por exemplo.[8] Neste sentido, devido a execução mais lenta dos movimentos, é possível que os exercícios de Pilates não sejam capazes de atingir intensidade moderada a vigorosa, no que diz respeito aos seus equivalentes metabólicos (METs), embora estudos de metanálise tenham demonstrado seu potencial para melhora da aptidão cardiorrespiratória e redução da gordura corporal.[9-12]

Compreender a intensidade metabólica e o custo energético da atividade é uma informação valiosa para prescrição do exercício físico, particularmente quando o objetivo estiver atrelado a redução da gordura corporal, melhora da aptidão cardiorrespiratória e atendimento das diretrizes atuais para prática de atividade física, visando promover e manter a saúde.[13] Em 2024, foi publicada uma atualização do Compêndio de Atividades Físicas para Adultos, que apresenta os custos energéticos de 1.114 atividades físicas, discriminando os valores de intensidade das atividades por METs, que é padronizado pela taxa metabólica de repouso (1 MET = 3,5 mL/kg/min ou 1 kcal/kg/hora [custo energético de sentar-se calmamente]).[14]

Recomenda-se, que adultos atinjam um acumulado de atividades físicas de moderada a vigorosa intensidade, que esteja na faixa entre 450 e 750 MET·min·sem (METs × minutos diários acumulados × número de vezes por semana).[13] Os METs são particularmente úteis, por expressar o custo energético e a intensidade da atividade física de maneira comparável entre pessoas de diferentes pesos e níveis de aptidão física. Atividades entre 3 e 6 METs e maiores que 6 METs são definidas como de intensidade moderada e vigorosa, respectivamente.[13] No Compêndio de Atividades Físicas para Adultos de 2024, Pilates foi enquadrado em duas categorias: 1) Pilates, tradicional, mat (1,8 METs); e 2) Pilates, em geral (2,8 METs);[15] ou seja, caracterizando-se como exercício de intensidade muito leve (< 2 METs) e leve (2–2,9 METs), respectivamente.[16]

No entanto, estudos que buscaram investigar a intensidade metabólica e o custo energético dos exercícios de Pilates identificaram resultados variados, com METs variando de 1,8 até 9,2, o que pode ser devido a efeitos de potenciais moderadores, como experiência prévia dos participantes com os exercícios de Pilates, tempo de intervalo entre séries/exercícios e tipo de Pilates aplicado (mat ou equipamentos).[17-22] Com isso, o objetivo do presente trabalho, é revisar os estudos publicados sobre a temática, de forma a sumarizar a evidência disponível e melhor compreender os fatores que podem afetar em maior ou menor intensidade metabólica e custo energético nos exercícios de Pilates. Como objetivo secundário, serão observadas outras variáveis que podem ser úteis na prática profissional para controle da intensidade do exercício, como frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço.

2. Métodos

A presente revisão sistemática com metanálise foi redigida conforme as recomendações do protocolo PRISMA.[23] Para os procedimentos metodológicos, foram seguidas as recomendações da colaboração Cochrane.[24] O protocolo foi registrado prospectivamente em PROSPERO (CRD42022370937). Os critérios de inclusão foram: a) intervenção com exercícios de Pilates; b) avaliação do custo energético e intensidade do exercício; c) participantes saudáveis, sem restrição de idade ou nível de atividade física.

2.1. Bases de dados e estratégia de busca

As bases de dados utilizadas foram: PubMed (pubmed.gov, 1996 até 9 de maio de 2024), Embase (embase.com, 1947 até 9 de maio de 2024), CENTRAL (cochranelibrary.com, 1998 até 9 de maio de 2024), CINAHL (via EBSCOhost, 1937 até 9 de maio de 2024), Web of Science (webofscience.com, 1900 até 9 de maio de 2024) e SPORTDiscus (via EBSCOhost, 1985 até 9 de maio de 2024). Como complemento, foram também consultadas plataformas de registro de ensaios clínicos (clinicaltrials.gov e apps.who.int/trialsearch/) na tentativa de localizar potenciais estudos não publicados. Não houve restrição para data de publicação ou idioma. Adicionalmente, foram checadas as referências dos estudos incluídos, na tentativa de tentar localizar trabalhos adicionais. A estratégia de busca em cada base de dados considerou a combinação de termos direcionados à intervenção (Pilates), associados com os desfechos de interesse (custo energético e intensidade do exercício), utilizando operadores booleanos (OR/AND) de maneira oportuna. A estratégia completa utilizada em cada base de dados está disponível como material suplementar.

2.2. Seleção dos estudos

Um revisor (RGO) realizou a estratégia de busca inicial nas bases de dados, extraindo títulos e resumos. Posteriormente, esse mesmo revisor realizou a extração das duplicatas manualmente, com auxílio de um software de gerenciamento de referências (https://www.rayyan.ai/) que indicou potenciais relatórios duplicados. Em seguida, dois revisores (GBBV e RAGP) realizaram a leitura cega dos títulos e resumos, excluindo os relatórios que não atendiam aos critérios de inclusão. Os estudos que passaram por essa fase foram lidos na íntegra pelos mesmos revisores, às cegas, para definir os trabalhos que deveriam efetivamente compor o estudo de revisão sistemática. As discordâncias, quando não resolvidas entre os dois pesquisadores, foram transmitidas a um terceiro (RGO).

2.3. Extração dos dados

Os dados extraídos de cada estudo elegível foram: a) identificação do estudo (autor, ano de publicação e país de origem), b) participantes (tamanho amostral, sexo, idade, estatura, massa corporal e IMC); c) delineamento experimental (tipo de estudo, sessões realizadas, intervalo entre as sessões, familiarização, grupos/tipo de intervenção); d) protocolo de Pilates (número e tipo de exercícios, controle da temperatura e umidade, período/horário das sessões, séries e repetições, intervalo entre séries e exercícios, duração da sessão experimental); e) controle do jejum, dieta, atividade física e sono, pré sessão experimental; f) medidas basal e pós sessão experimental; g) dispositivos utilizados para medição do custo energético e controle da intensidade do exercício durante a sessão experimental; h) principais resultados (METs, custo energético [kcal/min], volume de oxigênio – VO_2 [ml/kg/min], percentual da frequência cardíaca máxima – $\%FC_{máx}$, lactato [mmol/l] e *rating of perceived exertion* – RPE).

Para as medidas de resultado, quando um dado não estava disponível no relatório, estimativas a partir de outros dados disponíveis foram realizadas sempre que possível, conforme procedimento já adotado por uma revisão sistemática anterior com objetivo similar ao nosso.[8] Neste caso, METs foram calculados a partir do VO_2 consumido,[18, 21] considerando 1 MET = 3,5 ml/kg/min. Para dois estudos que não mediram o VO_2 durante a sessão de Pilates,[20, 22] METs foram estimados a partir do custo energético observado, considerando 1 MET = 1 kcal/kg/hora. Neste caso, a média da massa corporal da amostra foi utilizada na estimativa. Como todos os estudos apresentaram apenas a frequência cardíaca absoluta, o $\%FC_{máx}$ foi estimado em 220 menos a idade média da amostra. Quando valores de VO_2 e custo energético foram relatados apenas para o tempo total da sessão de Pilates, os valores foram convertidos em ml/kg/min[21] e kcal/min,[20, 21] respectivamente, de forma a padronizar os resultados para as diferentes durações de sessão. Para todas as variáveis, os valores de desvio padrão foram calculados proporcionalmente aos valores de desvio padrão da medida que originou a estimativa. Um programa de computador (WebPlotDigitizer 4.7) foi utilizado para extrair valores de média e desvio padrão de um estudo que reportou os resultados em figura.[19] O mesmo formulário para extração de dados foi usado por dois revisores cegos (GBBV e RAGP), com desacordos resolvidos por um terceiro (RGO).

2.4 Qualidade metodológica dos estudos incluídos

A qualidade metodológica dos estudos incluídos na revisão sistemática foi avaliada pela escala Rosendal.[25] Esta escala foi utilizada anteriormente numa revisão de escopo, que objetivou investigar os métodos usados para avaliar o gasto energético do exercício de

resistência.[26] A escala é uma combinação de itens da escala Jadad,[27] escala PEDro,[28] lista Delphi,[29] e recomendações da declaração CONSORT.[30] A pontuação de cada estudo foi determinada pela divisão do número de itens atendidos (respostas "sim") pelo número de itens relevantes. Estudos com escore final < 60% foram considerados com alto risco de viés. Dois revisores independentes (GBBV e RAGP) realizaram a classificação às cegas e, quando houve divergências, um terceiro revisor (RGO) foi solicitado.

2.5. Síntese dos dados

Para a meta-análise, a medida de efeito foi a média ponderada entre os estudos, considerando cada desfecho de interesse. Para análise, os braços de intervenção nos estudos que utilizaram mais de um protocolo de Pilates foram agrupados, a exceção das análises de subgrupo que comparou o tipo de Pilates (mat vs equipamentos) e intervalo entre séries e exercícios (≤ 60 segundos vs > 60 segundos), para as quais os braços de intervenção de cada estudo foram agrupados ou analisados em separado conforme o caso. O teste Q de Cochrane para heterogeneidade foi realizado e considerado estatisticamente significativo se $p \leq 0,10$. A heterogeneidade também foi quantificada com a estatística I^2, onde 0-40% pode não ser importante, 30-60% pode representar heterogeneidade moderada, 50-90% pode representar grande heterogeneidade e 75-100% é definido como heterogeneidade considerável.[24] Modelos de efeitos fixos foram usados para heterogeneidade não significativa, caso contrário, modelos de efeitos aleatórios foram usados. Uma meta-análise foi conduzida se houvesse pelo menos dois estudos com o mesmo resultado de interesse. As diferenças entre os subgrupos foram analisadas por meio da análise de variância (ANOVA baseada no teste Q). Tendo em vista que nenhuma metanálise contou com 10 ou mais estudos, não foi possível realizar uma inspeção visual pelo gráfico de funil.[24, 31] Os dados foram analisados por meio do software Comprehensive Meta-Analysis (CMA, versão 2.2.064, Biostat, NJ, EUA).

2.6. Análises de sensibilidade e de subgrupos

Análises de sensibilidade foram realizadas visando verificar possíveis alterações nas medidas de resultado ao excluir estudos com alto risco de viés e que não estimaram o custo energético e a intensidade metabólica por calorimetria indireta. Análises de subgrupos foram conduzidas para verificar possíveis diferenças nas medidas de resultado, para as seguintes comparações: a) experiência prévia com Pilates (participantes com experiência *vs* sem experiência); b) tempo de intervalo de descanso entre as séries/exercícios (≤ 60 segundos *vs* > 60 segundos); c) Tipo de Pilates (mat *vs* equipamentos).

2.7. Certeza da evidência

A certeza da evidência foi avaliada para cada resultado de acordo com a *Grading of Recommendations, Assessment, Development, and Evaluations* (GRADE).[31]. Dois revisores independentes (LCO e RGO) avaliaram cegamente a certeza da evidência, com as discordâncias resolvidas por consenso. Os domínios GRADE incluem: risco de viés; inconsistência; evidência indireta; imprecisão; e viés de publicação. A abordagem GRADE contempla razões para diminuir a certeza da evidência para os efeitos observados. Dessa forma, a classificação final da certeza da evidência para cada resultado pode ser: a) alta (é improvável que novas pesquisas alterem a estimativa ou a confiança nos resultados); b) moderada (é provável que pesquisas futuras tenham impacto na confiança na estimativa do efeito e possam até mesmo modificar a estimativa); c) baixa (pesquisas futuras provavelmente terão impacto significativo na confiança na estimativa do efeito e alterarão a estimativa); d) muito baixa (os resultados são altamente incertos).

3. Resultados

Inicialmente, foram identificados 1.191 relatórios potencialmente elegíveis, além de três registros de ensaios clínicos. Após a eliminação de duplicatas, restaram 652 relatórios para leitura de títulos e resumos, dos quais 636 foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade. Ao buscar os textos completos dos 16 relatórios restantes, três não foram recuperados (Tabela Suplementar 1). Com isso, 13 relatórios foram acessados para leitura do texto completo. Destes, oito não atenderam aos critérios de elegibilidade (Tabela Suplementar 2). Os motivos de exclusão foram: a) não avaliou desfechos de interesse (5 relatórios), b) resumo apresentado em congresso (1 relatório); c) artigo de opinião (1 relatório), d) registro de um estudo já incluído (1 relatório). Portanto, cinco relatórios atenderam aos critérios de elegibilidade e foram incluídos. Ao revisar as referências dos estudos incluídos, um relatório em potencial foi localizado. Após triagem, o relatório atendeu aos critérios de elegibilidade, totalizando, por fim, seis estudos incluídos na revisão sistemática e metanálise (Figura 1).

A tabela 1 apresenta a síntese dos seis estudos incluídos na revisão sistemática. Os estudos foram publicados entre 2014 e 2024, principalmente no Brasil,[18-20, 22] seguido por Turquia[17] e Coréia do Sul.[21] O número de participantes variou de 10 até 33, com a maioria incluindo apenas mulheres e dois estudos incluindo ambos os sexos. Em todos os casos os participantes eram saudáveis e sem experiência prévia com Pilates, a exceção de dois estudos que incluíram participantes experientes.[20, 21] Em todos os estudos os participantes eram adultos

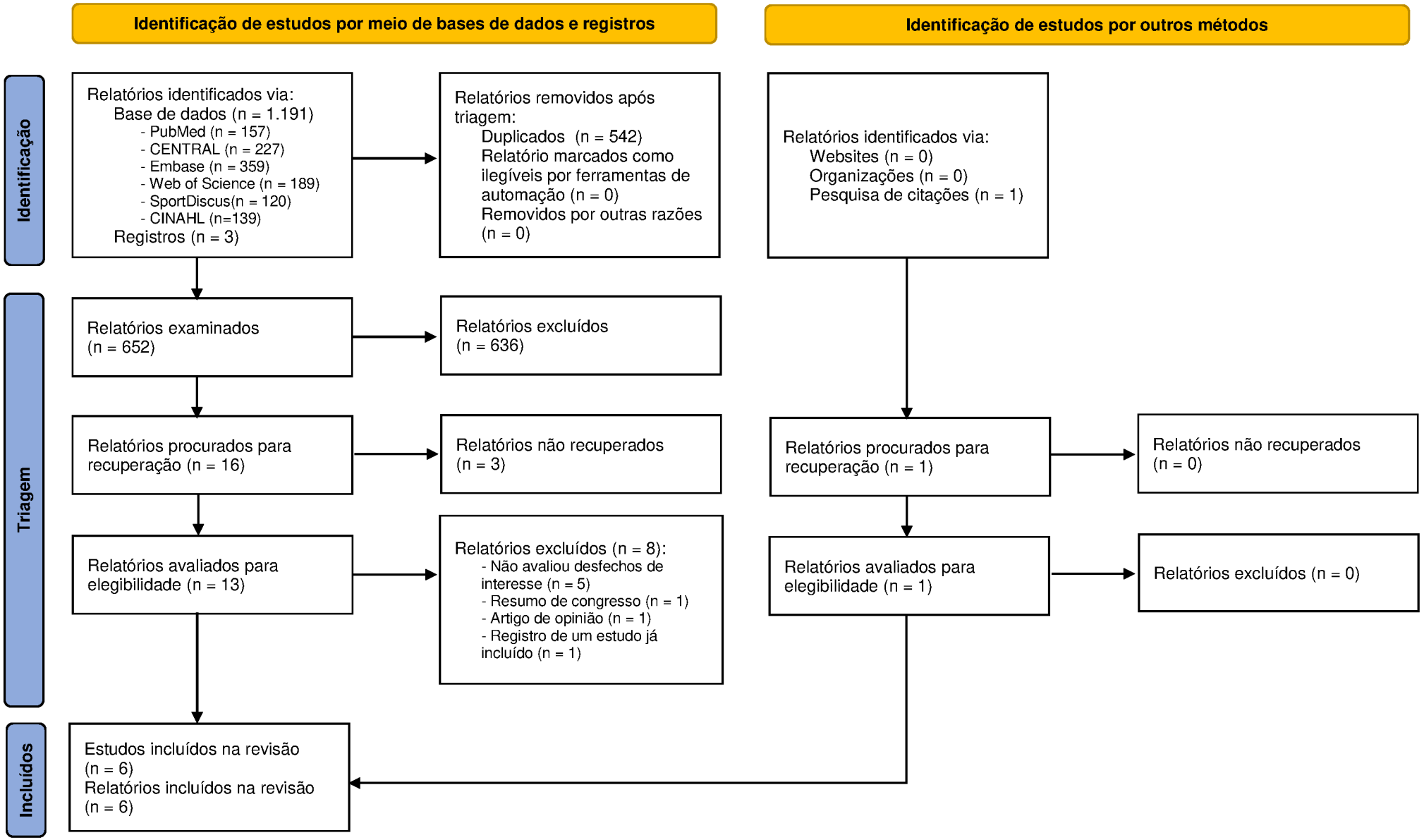


Figura 1. Diagrama de fluxo PRISMA 2020.

jovens, com média do IMC dentro da classificação de normal (18,5 até 24,9 kg/m^2). Cross-over foi o delineamento experimental mais utilizado, com apenas dois estudos realizando intervenção de grupo único.[20, 22] Sessões de familiarização foram realizadas na maioria dos estudos, variando de uma até oito, a exceção de dois estudos que não reportaram[17, 20]

O tipo de aplicação dos exercícios foi principalmente mat Pilates, a exceção de um estudo que utilizou Pilates em equipamentos[22] e outro que comparou uma sessão de mat Pilates com Pilates aplicado no equipamento Reformer.[18] As comparações nos estudos cross-over foram: a) mat Pilates vs caminhada;[17] mat Pilates com diferentes intervalos de descanso e séries;[19] mat Pilates vs Pilates no equipamento Reformer;[18] mat Pilates em condição normóxica vs condição hipóxica.[21] Os protocolos de Pilates variaram de apenas cinco,[22] até 25 exercícios.[17, 21] Apenas três estudos reportaram controle da temperatura, umidade e período/horário da sessão.[18, 19, 21] Dois estudos testaram múltiplas séries de cada exercício,[17, 19] enquanto o restante trabalhou com série única. O intervalo entre séries/exercícios variou de nenhum até 120 segundos, com a duração das sessões variando de 30 até 90 minutos.

O controle do jejum/dieta e atividade física pré-sessão experimental foi realizado por apenas três estudos,[17-19] dos quais dois administrou café da manhã padronizado.[18, 19] Nenhum estudo controlou o sono referente à noite que antecedeu a sessão experimental. Medidas basais das variáveis de interesse foram realizadas em cinco estudos[17-19, 21, 22] e medidas pós-intervenção em apenas três.[18, 19, 22] Quanto aos dispositivos de medição utilizados, a maioria mensurou o custo energético por calorimetria indireta, embora também tenham feito uso de monitores vestíveis[17-19, 21] para controle da frequência cardíaca. Dois estudos estimaram o custo energético por intermédio de monitores vestíveis, com fórmulas preditivas a partir da frequência cardíaca e adicionalmente mensuraram o esforço percebido pela escala de Borg (RPE 6-20).[20, 22] Um único estudo mediu as alterações do lactato sanguíneo entre a pré e a pós sessão experimental.[18] Em relação aos resultados reportados para as sessões de Pilates, os METs variaram em média de 1,8 até 9,2, o custo energético de 1,9 até 8,3 kcal/min, o VO_2 de 6,4 até 13,0 ml/kg/min, o $\%FC_{máx}$ de 46,6 até 60,7 e a RPE de 9,5 até 11,3 (Borg 6-20), entre os estudos que avaliaram estes parâmetros. O único estudo que mensurou o lactado sanguíneo encontrou medidas que variaram de 0,62 mmol/l na pré-intervenção para 1,5 (Pilates no Reformer) e 1,7 mmol/l (Mat Pilates) na pós-intervenção.

Tabela 1. Síntese dos estudos incluídos na revisão sistemática.

Estudo	Participantes (N, sexo, idade, estatura, massa corporal e IMC)	Delineamento Experimental	Protocolo de Pilates	Controle do jejum, dieta, AF e sono	Medidas basal e pós sessão	Dispositivos	Resultados (METs, CE [kcal/min], VO_2 [ml/kg/min], $\%FC_{máx}$, Lactato [mmol/l]), RPE*
Gultekin et al.[17] (2024) Turquia	31 (16♀; 15♂), saudáveis e sem experiência com Pilates 21,7 ± 3,7 anos 168,7 ± 7,8 cm 63,6 ± 11,4 Kg 22,2 ± 2,9 kg/m^2	Cross-over (2 sessões): - Intervalo entre sessões: NR - Descanso entre os 3 protocolos de exercício dentro da sessão: 30 min - Familiarização: NR Sessão A - 45 min de Mat Pilates - 10 min de caminhada a 3,2 km/h - 10 min de caminhada a 4,8 km/h Sessão B - 10 min de caminhada a 3,2 km/h - 10 min de caminhada a 4,8 km/h - 45 min de Mat Pilates	- 25 exercícios (1 respiratório; 3 postural; 4 de mobilização articular; 9 de estabilização lombopélvica; 8 de fortalecimento do core) - Temperatura/umidade: NR - Período/horário da sessão: NR - Série x Repetições: 3 X 10 - Intervalo séries: 10 s - Intervalo exercícios 30 s - Duração da sessão: 45 min	Abstenção de comida, bebida, cigarro, cafeína (4h); e exercícios vigorosos (24h)	Basal: 20 min em posição supina	Calorimetria indireta (sistema metabólico Cosmed Quark CPET [máscara facial]) Monitor vestível (frequência cardíaca - Polar H10 [cinta torácica])	Mat Pilates: METs = 3,4 ± 0,5 CE = 3,7 ± 0,8 VO_2 = 12,0 ± 1,7 $\%FC_{máx}$ = 56,7 ± 6,0 # Caminhada (3,2 Km/h): METs = 3,3 ± 0,4 CE = 3,5 ± 0,5 VO_2 = 11,9 ± 1,4 $\%FC_{máx}$ = 53,5 ± 6,4 Caminhada (3,2 Km/h): METs = 4,1 ± 0,5 # CE = 3,7 ± 0,8 # VO_2 = 14,5 ± 1,6 # $\%FC_{máx}$ = 57,0 ± 6,3 #

Almeida et al.[19] (2021) Brasil	33♀, saudáveis, fisicamente inativas e sem experiência com Pilates 22,0 ± 3,3 anos 163,0 ± 5,0 cm 58,9 ± 9,3 Kg 22,0 ± 3,6 kg/m^2	Cross-over (3 sessões): - Intervalo entre sessões: 48 h - Familiarização: 5 sessões Sessão A Mat Pilates ST (sessão tradicional) Sessão B Mat Pilates SNT1 (sessão não tradicional com série única) Sessão C Mat Pilates SNT2 (sessão não tradicional com múltiplas séries)	- 12 exercícios (3 de estabilização lombopélvica; 6 de fortalecimento do core; 2 de mobilização articular; 1 postural) - Temperatura/umidade: 22º/40-50% - Período/horário da sessão: manhã Protocolo 1 (Mat Pilates ST) - Série x Repetições: 1 X 10 - Intervalo séries/exercício: 120 s - Duração da sessão: 33 min Protocolo 2 (Mat Pilates SNT1) - Série x Repetições: 1 X 20 - Intervalo séries/exercício: 30 s - Duração da sessão: 23 min Protocolo 3 (Mat Pilates SNT2) - Série x Repetições: 3 X 12 - Intervalo séries/exercício: 30 s - Duração da sessão: 49 min	Abstenção de exercício, cafeína e estimulantes (48h); e alimentos e líquidos, exceto água (8h) Café da manhã padrão 321 kcal (30 min antes das sessões)	Basal: 15 min em posição supina Pós sessão: 5 min em posição sentada	Calorimetria indireta (sistema metabólico Metalyzer 3b Cortex [máscara facial]) Monitor vestível (frequência cardíaca - Polar RS800cx [cinta torácica])	Mat Pilates ST: METs = 1,8 ± 0,3 CE = 2,0 ± 0,4 VO_2 = 6,5 ± 0,7 %$FC_{máx}$ = 48,0 ± 2,3 Mat Pilates SNT1: METs = 2,8 ± 0,4 # CE = 2,6 ± 0,9 # VO_2 = 9,8 ± 1,4 # %$FC_{máx}$ = 57,7 ± 1,6 # Mat Pilates SNT2: METs = 3,1 ± 0,4 # CE = 3,0 ± 0,9 # VO_2 = 10,4 ± 1,4 # %$FC_{máx}$ = 57,9 ± 5,1 #
Andrade et al.[18] (2021) Brasil	18♀, saudáveis, fisicamente inativas e sem experiência com Pilates 22,0 ± 3,0 anos 1,6 ± 0,1 m 61,0 ± 10,0 kg 21,0 ± 3,0 kg/m^2	Cross-over (2 sessões): - Intervalo entre sessões: 48 h - Familiarização: 8 sessões Sessão A Mat Pilates Sessão B Pilates no equipamento Reformer	- 15 exercícios (4 alongamentos; 5 de estabilização lombopélvica; 4 de fortalecimento do core; 2 de mobilização articular) - Temperatura/umidade: 22º/40-50% - Período/horário da sessão: manhã - Série x Repetições: 1 X 10 - Intervalo séries/exercício: 120 s - Duração da sessão: 90 min	Abstenção de exercício, alimentos e líquidos, exceto água (8h) Café da manhã padrão 321 kcal (30 min antes das sessões)	Basal: 15 min em posição supina Pós sessão: 5 min em posição sentada	Calorimetria indireta (sistema metabólico Metalyzer 3b Cortex [máscara facial]) Lactato sanguíneo (espectrofotometria usando um YSI 2300 STAT Plus [amostra de sangue capilar]) Monitor vestível (frequência cardíaca - Polar RS800cx [cinta torácica])	Mat Pilates: METs = 1,8 ± 0,2 CE = 1,9 ± 0,3 VO_2 = 6,4 ± 0,7 %$FC_{máx}$ = 46,6 ± 4,6 Lactato = 1,7 ± 0,4 Pilates no Reformer: METs = 2,5 ± 0,4 # CE = 2,6 ± 0,5 # VO_2 = 8,7 ± 1,2 # %$FC_{máx}$ = 54,5 ± 3,0 # Lactato = 1,5 ± 0,4

Jung et al.[21] (2020) Córeia do Sul	10♀, saudáveis e experientes em Pilates 26,4 ± 3,0 anos 162,2 ± 4,1 cm 50,8 ± 5,8 kg 19,3 ± 1,6 kg/m^2	Cross-over (2 sessões): - Intervalo entre sessões: 7 dias - Familiarização: 1 sessão Sessão A Mat Pilates N (condição normóxica, com altitude ao nível do mar [O_2 = 20,9%]) Sessão B Mat Pilates H (condição hipóxica, com altitude simulada de 3.000m [O_2 = 14,5%])	- 25 exercícios (4 alongamentos, 5 de fortalecimento de MMII, 5 de fortalecimento de MMSS, 4 de estabilização lombopelvica, 7 de fortalecimento do core) - Temperatura/umidade: 23º/50% - Período/horário da sessão: manhã - Série x tempo/execução: 1 x 2 min - Intervalo séries/exercício: nenhum - Duração da sessão: 50 min	NR	Basal: 30 min em condição ambiental	Calorimetria indireta (sistema metabólico Cosmed K5 [máscara facial]) Monitor vestível (função cardíaca - PhysioFlow PF-05 [impedância bioelétrica torácica])	Mat Pilates N: METs = 3,6 ± 0,7 CE = 3,2 ± 0,6 VO_2 = 12,7 ± 2,2 %$FC_{máx}$ = 53,1 ± 6,9 Mat Pilates H: METs = 3,7 ± 0,6 CE = 3,4 ± 0,5 VO_2 = 13,0 ± 2,1 %$FC_{máx}$ = 58,6 ± 5,9 #
Santo et al.[20] (2020) Brasil	10 (5♀; 5♂), saudáveis e experientes em Pilates (> 1 ano) 26,3 ± 3,9 anos 1,70 ± 0,13 m 71,7 ± 17,0 kg 24,9 ± 3,0 kg/m^2	Intervenção de grupo único (1 sessão) Sessão única de Mat Pilates	- 21 exercícios (3 alongamentos; 10 de estabilização lombopélvica; 8 de fortalecimento do core) - Temperatura/umidade: NR - Período/horário da sessão: NR - Série x repetição: 1 x 10 - Intervalo séries/exercício: nenhum - Duração da sessão: 45 min	NR	NR	Monitor vestível (frequência cardíaca -Polar T31 [cinta torácica]) PSE (escala de Borg [6-20])	Mat Pilates: METs = 3,9 ± 1,4 CE = 4,7 ± 1,7 %$FC_{máx}$ = 60,7 ± 8,2 RPE = 9,5 ± 3,5
Silva et al.[22] (2014) Brasil	10♀, saudáveis e fisicamente inativas 19,0 ± 0,8 anos 1,6 ± 0,1 m 53,7 ± 11,1 Kg 19,8 ± 2,9 Kg/m^2	Intervenção de grupo único (1 sessão) - Familiarização: 1 sessão Sessão única de Pilates em equipamentos (Step-Chair, Reformer, Ladder Barrel, Cadillac e Wall-Unit)	- 5 exercícios (1 de estabilização e 4 de fortalecimento) - Temperatura/umidade: NR - Período/horário da sessão: NR - Série x repetição: 1 x 15 - Intervalo séries/exercício: 60 s - Duração da sessão: 30 min	NR	Basal: 10 min em posição supina Pós sessão: 5º e 10º min	Monitor vestível (frequência cardíaca -Polar FT4 [cinta torácica]) PSE (escala de Borg [6-20])	Pilates equipamentos: METs = 9,2 ± 2,4 CE = 8,3 ± 2,2 %$FC_{máx}$ = 54,6 ± 6,4 RPE = 11,3 ± 2,7

* resultados reportados em média e desvio padrão; # significativamente superior ao grupo de comparação que não apresenta marcação (comparações intergrupo dentro do mesmo estudo); %$FC_{máx}$: percentual da frequência cardíaca máxima; AF: atividade física; CE: custo energético; IMC: índice de massa corporal; MET: equivalente metabólico da tarefa; MMII: membros inferiores; MMSS: membros superiores; NR: não reportado; RPE: *rating of perceived exertion* (Borg 6-20); VO_2: volume de oxigênio.

3.1. Qualidade metodológica dos estudos

Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos na revisão sistemática é apresentada na Tabela 2. Dos seis estudos incluídos na revisão sistemática, dois apresentaram alto risco de viés (escore < 60%). O escore médio entre os estudos foi de 66,3 ± 0,2%.

Tabela 2. Qualidade metodológica dos estudos incluídos na revisão sistemática.

Estudo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**Score‡**
Gultekin et al.[17]	+	+	+	+	+	+	NA	NA	NA	+	+	+	+	-	+	-	84,6%
Almeida et al.[19]	+	+	-	+	+	+	NA	NA	NA	+	+	+	+	-	+	+	84,6%
Andrade et al.[18]	+	+	-	+	+	+	NA	NA	NA	-	+	+	+	-	+	+	76,9%
Jung et al.[21]	+	+	-	-	-	+	NA	NA	NA	-	+	+	+	-	+	+	61,5%
Santo et al.[20]	+	NA	NA	+	-	+	NA	NA	NA	-	-	+	NA	-	+	-	50,0%
Silva et al.[22]	+	NA	NA	-	-	+	NA	NA	NA	-	+	+	NA	-	-	-	40,0%

+: Sim; -: Não; NA: Não aplicável; ‡ Percentual de itens relevantes atendidos.
Itens considerados: 1) Foi fornecida uma descrição clara dos critérios de inclusão e exclusão? 2) Os ensaios foram randomizados? 3) O método usado para gerar a sequência de alocação aleatória foi descrito? 4) O tamanho da amostra foi justificado? 5) Foram feitas tentativas para controlar e/ou monitorar as condições pré-intervenção (por exemplo, dieta e exercício)? 6) O estudo incorporou medidas de variáveis importantes no baseline? 7) Houve cegamento de todos os sujeitos? 8) Houve cegamento de todos os investigadores envolvidos nos ensaios? 9) Tanto o método de cegamento quanto a avaliação do sucesso do cegamento foram descritos? 10) Foram fornecidos detalhes sobre a incapacidade de um sujeito de completar os requisitos do estudo? 11) Métodos estatísticos usados para comparar grupos para medidas de desfecho primário e métodos para análises adicionais, como análises de subgrupos, foram descritos? 12) Medidas pontuais e de variabilidade para a(s) medida(s) de resultado(s) primário(s) foram fornecidas? 13) Os resultados das comparações estatísticas entre grupos foram relatados para a(s) medida(s) de resultado(s) primário(s)? 14) O método utilizado para avaliar efeitos adversos foi descrito? 15) A reprodutibilidade da(s) medida(s) de desfecho primário(s) foi relatada? 16) Se um teste de desempenho foi usado, um teste de familiarização foi conduzido?

3.2. Meta-análise e certeza da evidência

A Tabela 3 apresenta análise da certeza da evidência e a Figura 2 os cálculos de metanálise para cada desfecho. Para todas as análises, a certeza da evidência variou entre muito baixa e baixa. O agrupamento dos estudos demonstrou que os exercícios de Pilates proporcionam uma média ponderada de 3,7 ($IC_{95\%}$ 3,1 – 4,3) METs, custo energético de 3,8 ($IC_{95\%}$ 3,1 – 4,5) kcal/min, VO_2 de 10,3 ($IC_{95\%}$ 8,1 – 12,6) ml/kg/min, $\%FC_{máx}$ de 55,1 ($IC_{95\%}$ 52,8 – 57,3) e RPE de 10,6 ($IC_{95\%}$ 9,3 – 12,0) (Borg 6-20).

Tabela 3. Análise da certeza da evidência pelo sistema GRADE.

Avaliação da certeza					№ de participantes	Média ($IC_{95\%}$)	Certeza da evidência
№ de estudos	**Risco de viés**	**Inconsistência**	**Evidência indireta**	**Imprecisão**			
Equivalentes metabólicos (METs)							
6	sério[a]	sério[b]	não sério	sério[c]	237	3,7 (3,1 – 4,3)	⊕◯◯◯ Muito baixa[a,b,c]
Custo energético (kcal/min)							
6	sério[a]	sério[b]	não sério	sério[c]	237	3,8 (3,1 – 4,5)	⊕◯◯◯ Muito baixa[a,b,c]
Volume de oxigênio – VO_2 (ml/kg/min)							
4	não sério	sério[b]	não sério	sério[c]	217	10,3 (8,1 – 12,6)	⊕⊕◯◯ Baixa[b,c]
Percentual da frêquencia cardíaca máxima - $\%FC_{máx}$							
6	sério[a]	sério[b]	não sério	sério[c]	237	55,1 (52,8 – 57,3)	⊕◯◯◯ Muito baixa[a,b,c]
Rating of perceived exertion (Borg 6-20)							
2	muito sério[d]	não sério	não sério	sério[c]	20	10,6 (9,3 – 12,0)	⊕◯◯◯ Muito baixa[c,d]

IC: intervalo de confiança. Explicações: a. Um terço dos estudos apresentaram alto risco de viés; b. Houve alta heterogeneidade entre os estudos; c. O tamanho amostral foi abaixo do ideal; d. Todos os estudos apresentaram alto risco de viés.

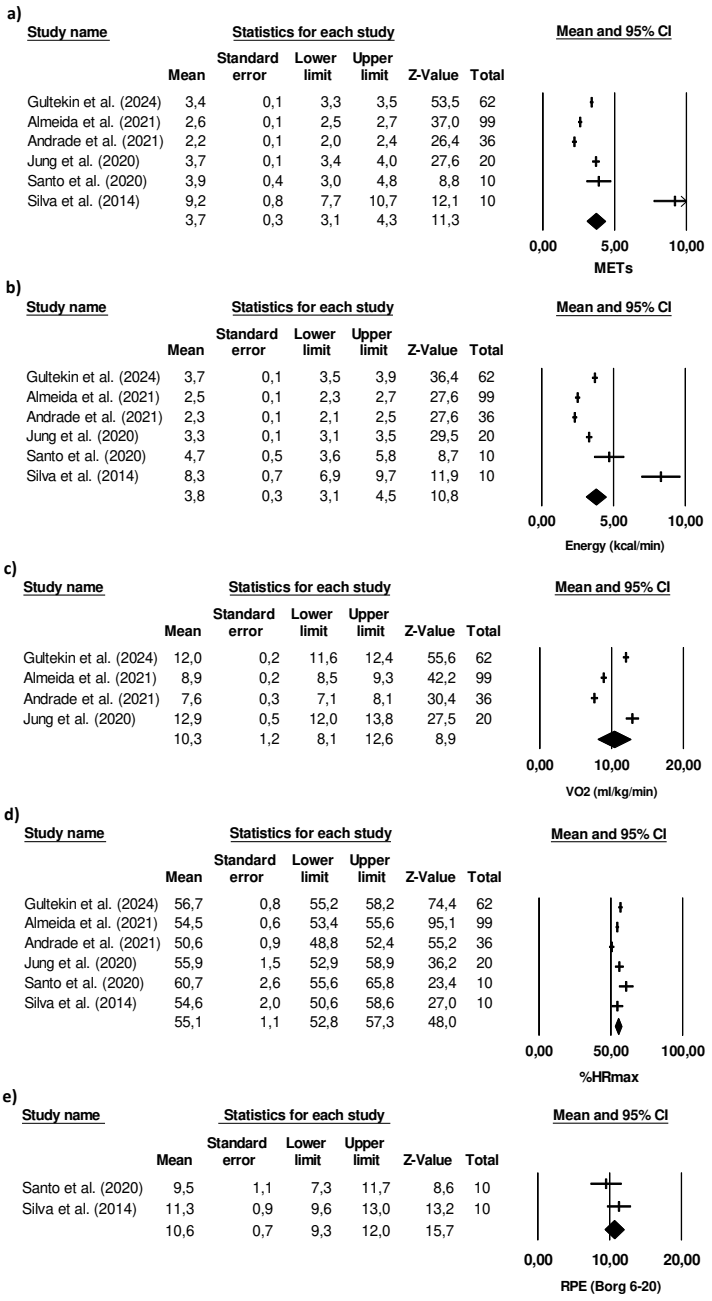


Figura 2. Metanálise da média ponderada entre os estudos que avaliaram a intensidade e o custo energético dos exercícios de Pilates: a) Equivalentes metabólicos (METs); b) custo energético (kcal/min); c) Volume de oxigênio – VO_2 (ml/kg/min); d) percentual da frequência cardíaca máxima (%HR_{max}); e) *Rating of Perceived Exertion* – RPE (Borg 6-20).

Análises de sensibilidade (Figura 3) demonstraram que os valores de METs (3,0 [$IC_{95\%}$ 2,3 – 3,6]) e custo energético (2,9 [$IC_{95\%}$ 2,3 – 3,6] kcal/min) diminuíram ao excluir estudos com alto risco de viés e que estimaram estes valores com fórmulas preditivas a partir da frequência cardíaca. Da mesma forma, houve uma ligeira redução no %$FC_{máx}$ (54,4 [$IC_{95\%}$ 51,8 – 56,9]) ao serem excluídos estudos com alto risco de viés. Contudo, para as três variáveis,

nenhuma diferença significativa (METs [p = 0,184], custo energético [p = 0,054] and $\%FC_{máx}$ [p = 0,355]) foi observada quando comparados os estudos com baixo vs alto risco de viés. Análise de sensibilidade não foi realizada para VO_2 e RPE, uma vez que para estas duas análises todos os estudos apresentaram baixo e alto risco de viés, respectivamente.

Análises de subgrupos são apresentadas na Tabela 4. Os valores de METs (apenas na análise que incluiu estudos com baixo risco de viés e utilizou calorimetria indireta) e de VO_2 foram significativamente maiores nos estudos que incluíram participantes com experiência prévia com os exercícios de Pilates. Por outro lado, o custo energético e a intensidade do exercício foi significativamente maior para todas as variáveis quando o intervalo de descanso foi ≤ 60 segundos, a exceção da RPE, para qual não foi possível realizar comparações, uma vez que os dois estudos utilizaram intervalo ≤ 60 segundos. Por fim, nenhuma diferença significativa foi observada nas medidas de resultado quando os estudos foram comparados em relação ao tipo de Pilates utilizado (Mat ou equipamentos).

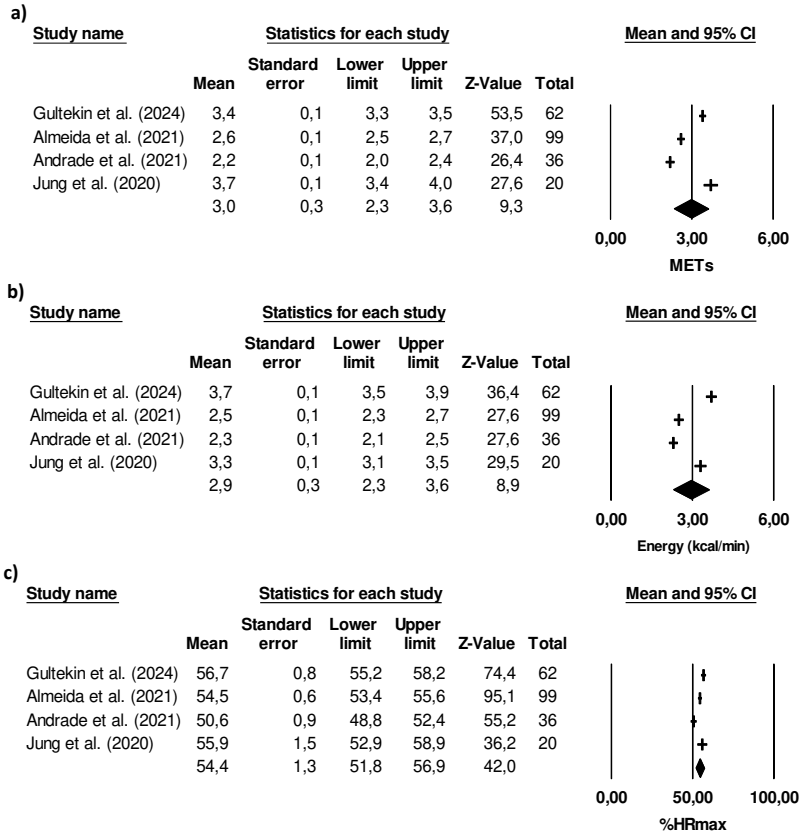


Figura 3. Análise de sensibilidade excluindo estudos com alto risco de viés e que não mediram o custo energético e intensidade metabólica por calorimetria indireta: a) Equivalentes metabólicos (METs); b) custo energético (kcal/min); c) percentual da frequência cardíaca máxima ($\%HR_{max}$).

Tabela 4. Estatística das análises de subgrupo.

Medida de resultado e subgrupo	Todos os estudos				Estudos com baixo risco de viés e que estimaram a intensidade metabólica e o custo energético por calorimetria indireta			
	Nº estudos*	n	Média ($IC_{95\%}$)	Estatística *Q*	Nº estudos*	n	Média ($IC_{95\%}$)	Estatística *Q*
METs								
Experiência com Pilates								
Sim	2	30	3,7 (3,5 – 4,0)		1	20	3,7 (3,4 – 4,0)	
Não	4	207	3,6 (2,9 – 4,4)	Q = 0,026; p = 0,873	3	197	2,7 (2,0 – 3,4)	Q = 6,386; p = 0,012
Intervalo entre séries/exercícios								
≤ 60 segundos	5	168	3,9 (3,4 – 4,4)		3	148	3,4 (3,0 – 3,7)	
> 60 segundos	2	69	2,0 (1,6 – 2,4)	Q = 34,348; p = 0,000	2	69	2,0 (1,6 – 2,4)	Q = 24,390; p = 0,000
Tipo de Pilates								
Mat	5	209	3,0 (2,2 – 3,8)		4	199	2,9 (2,0 – 3,7)	
Equipamentos	2	28	5,8 (0,1 – 12,4)	Q = 0,671; p = 0,413	1	18	2,5 (2,3 – 2,7)	Q = 0,661; p = 0,416
Custo energético (kcal/min)								
Experiência com Pilates								
Sim	2	30	3,9 (2,5 – 5,3)		1	20	3,3 (3,1 – 3,5)	
Não	4	207	3,8 (2,9 – 4,7)	Q = 0,026; p = 0,872	3	197	2,8 (2,0 – 3,6)	Q = 1,180; p = 0,277
Intervalo entre séries/exercícios								
≤ 60 segundos	5	168	4,1 (3,4 – 4,8)		3	148	3,3 (2,8 – 3,8)	
> 60 segundos	2	69	2,0 (1,6 – 2,5)	Q = 23,163; p = 0,000	2	69	2,0 (1,6 – 2,5)	Q = 11,303; p = 0,001
Tipo de Pilates								
Mat	5	209	3,1 (2,4 – 3,9)		4	199	2,8 (2,0 – 3,7)	
Equipamentos	2	28	5,4 (0,2 – 11,0)	Q = 0,626; p = 0,429	1	18	2,6 (2,4 – 2,8)	Q = 0,318; p = 0,573
VO_2 (ml/kg/min)								
Experiência com Pilates								
Sim	1	20	12,9 (12,0 – 13,8)		1	20	12,9 (12,0 – 13,8)	
Não	3	197	9,5 (7,0 – 12,0)	Q = 6,100; p = 0,014	3	197	9,5 (7,0 – 12,0)	Q = 6,100; p = 0,014
Intervalo entre séries/exercícios								
≤ 60 segundos	3	148	11,6 (10,0 – 13,2)		3	148	11,6 (10,0 – 13,2)	
> 60 segundos	2	69	7,0 (6,0 – 8,1)	Q = 21,610; p = 0,000	2	69	7,0 (6,0 – 8,1)	Q = 21,610; p = 0,000
Tipo de Pilates								
Mat	4	199	10,0 (7,1 – 12,9)		4	199	10,0 (7,1 – 12,9)	
Equipamentos	1	18	8,7 (8,1 – 9,3)	Q = 0,779; p = 0,378	1	18	8,7 (8,1 – 9,3)	Q = 0,779; p = 0,378
$\%FC_{máx}$								
Experiência com Pilates								
Sim	2	30	57,8 (53,2 – 62,5)		1	20	55,9 (52,9 – 58,9)	
Não	4	207	54,1 (51,5 – 56,7)	Q = 1,926; p = 0,165	3	197	54,0 (50,9 – 57,0)	Q = 0,772; p = 0,380
Intervalo entre séries/exercícios								
≤ 60 segundos	5	168	57,1 (56,0 – 58,3)		3	148	57,3 (56,3 – 58,2)	
> 60 segundos	2	69	49,2 (46,6 – 51,7)	Q = 31,406; p = 0,000	2	69	49,2 (46,6 – 51,7)	Q = 34,617; p = 0,000

Tipo de Pilates								
Mat	5	209	54,6 (50,9 – 58,3)		4	199	53,4 (49,5 – 57,4)	
Equipamentos	2	28	54,5 (53,2 – 55,8)	$Q = 0{,}001$; $p = 0{,}975$	1	18	54,5 (53,1 – 55,9)	$Q = 0{,}253$; $p = 0{,}615$
RPE (Borg 6-20)								
Experiência prévia e tipo de Pilates								
Sim / Mat	1	10	9,5 (7,3 – 11,7)					
Não / Equipamento	1	10	11,3 (9,6 – 13,0)	$Q = 1{,}658$; $p = 0{,}198$				

%$FC_{máx}$: percentual da frequência cardíaca máxima; $IC_{95\%}$: intervalo de confiança à 95%; MET: equivalente metabólico da tarefa; RPE: *rating of perceived exertion*; VO_2: volume de oxigênio.
*Nota: para algumas análises de subgrupo, devido aos diferentes braços de intervenção e seus respectivos protocolos, Almeida et al.[19] contribuíram com informações para ambos os intervalos entre séries/exercícios (≤ e > 60 segundos) e Andrade et al.[18] contribuíram com informações para ambos os tipos de Pilates (Mat e equipamentos).

4. Discussão

O presente estudo teve por objetivo identificar o custo energético e a intensidade metabólica dos exercícios de Pilates com efeito de potenciais moderadores. Nossos resultados demonstraram que o Pilates pode ser considerado uma atividade de intensidade moderada, com média de 3,7 METs, embora possa variar de 2,0 até 3,9, quando o intervalo entre séries e exercícios é > ou ≤ 60 segundos, respectivamente. O custo energético médio foi de 3,8 kcal/min, o que representa aproximadamente 228 kcal numa sessão típica de 60 minutos. O VO_2 médio foi de 10,3 ml/kg/min, enquanto o percentual da frequência cardíaca máxima foi de 55,1 e a RPE foi de 10,6 (Borg 6-20). Todos apresentando variações significativas a depender do tempo de intervalo de descanso entre séries e exercícios (≤ *vs* > 60 segundos). Destaca-se, que para todos os desfechos, a certeza da evidência foi baixa ou muito baixa, significando que pesquisas futuras provavelmente alterarão a estimativa de efeito, o que deve ser levado em consideração na interpretação destes resultados.

Com base nos resultados apresentados, é possível que no Compêndio de Atividades Físicas de 2024, os exercícios de Pilates possam estar com valores de intensidade metabólica subestimados, no qual variou de 1,8 (Pilates, tradicional, mat) até 2,8 (Pilates, em geral) METs. No presente estudo, valores abaixo de 3 METs foram encontrados individualmente por dois dos seis estudos incluídos, ambos publicados pelos mesmos autores.[18, 19] Neste caso, somado os cinco braços de intervenção destes dois estudos, três testaram intervalo de descanso entre séries/exercícios de 120 segundos, com os resultados indicando valores de intensidade variando de 1,8 até 2,5 METs, enquanto nos braços de intervenção com intervalo de descanso de 30 segundos, a intensidade metabólica variou de 2,8 até 3,1 METs.

De fato, o intervalo de descanso entre séries e exercícios parece impactar de forma importante os resultados observados. Análise de subgrupo do presente estudo indicou uma diferença de 2,0 para 3,9 METs (p = 0,000) na comparação entre estudos com intervalo de descanso > ou ≤ 60 segundos, respectivamente. Essa mesma tendência foi observada por um estudo de revisão sistemática que objetivou verificar fatores que influenciam o custo energético no exercício resistido convencional. Neste caso, o custo energético variou de 4,9 até 5,6 kcal/min quando > 60 segundos e entre 6,2 até 7,3 kcal/min quando ≤ 60 segundos.[32]

Ainda que o Pilates se caracterize predominantemente como uma forma de exercício físico de resistência muscular localizada, o fato desta técnica requerer a execução dos exercícios seguindo seis princípios básicos, os movimentos ocorrem de maneira mais lenta que nos exercícios resistidos convencionais, gerando, portanto, um custo energético menor. Já foi demonstrado, que a velocidade de execução do movimento em exercícios resistidos, impacta

significativamente no custo energético.[33] Pilates é considerado um exercício "corpo-mente", ao exigir técnicas de respiração, concentração, controle e fluidez durante os movimentos, assim como ocorre em outros métodos de exercício com esta mesma característica, como é o caso do Tai Chi Chuan e Yoga, por exemplo.

A título de comparação, na Yoga, uma revisão sistemática demonstrou que a intensidade metabólica é em média 3,3 METs, reduzindo para 2,9 METs quando um outlier foi retirado. Podendo apresentar apenas 1,3 METs nos pranayamas (exercícios de controle da respiração).[8] Ainda assim, no Compêndio de Atividades Físicas de 2024, existem oito classificações para os exercícios de Yoga, com variações de intensidade metabólica que vão desde 2,0 METs para exercícios de controle da respiração até 8,0 METs para Yoga de alta intensidade.[15]

Se faz importante destacar também, que no presente estudo, os valores METs e de quilocalorias, foram derivados principalmente da medida de VO_2, que em média foi de 10,5 ml/kg/min.[17-19, 21] A calorimetria indireta permite estimar os valores de custo energético e intensidade metabólica por intermédio da análise direta dos gases inspirados/expirados, com maior precisão que a utilização de fórmulas preditivas que utilizam a frequência cardíaca. Ainda assim, torna-se importante frisar, que este método de avaliação, pode subestimar o custo energético em atividades com característica intermitente, como é o caso do Pilates, que tipicamente utiliza intervalo de descanso entre séries e exercícios. A calorimetria indireta mensura com maior precisão o custo energético e a intensidade metabólica de exercícios contínuos, como os aeróbios. Essa técnica de mensuração, para ser mais precisa, é dependente do sujeito atingir um estado estacionário, e da energia advir predominantemente de vias de energia aeróbia. No exercício de resistência, o estado estacionário não é alcançado e existe forte contribuição do metabolismo anaeróbio, o que pode, portanto, subestimar o custo energético.[26]

Uma forma de melhorar esta estimativa é adicionar um método de medição que possa fornecer informações da contribuição glicolítica para o custo energético, como a medida de lactato sanguíneo. Foi estabelecido um valor equivalente de energia para cada aumento na unidade de medida do lactato, estabelecido em 3 ml O_2/Kg de massa corporal/mmol de lactato.[34] Um único estudo da presente revisão utilizou medida de lactato pré e pós-intervenção, identificando uma variação de 0,62 mmol/l na pré-intervenção em ambos os grupos para 1,68 (mat Pilates) e 1,53 mmol/l (Pilates no Reformer) na pós-intervenção.[18] No entanto, um desafio, é que devido ao esforço intermitente inerente ao exercício de resistência, como também é o caso do Pilates, as medidas de lactato deveriam ocorrer após cada série de exercício, de forma a fornecer mais informações sobre o custo energético anaeróbio.[26]

Os estudos incluídos na presente revisão, avaliaram ainda, a frequência cardíaca e a RPE durante a sessão de Pilates. Neste caso, ambas as possibilidades, podem se configurar como alternativas de baixo custo para controle da intensidade do exercício durante uma sessão de Pilates em ambiente clínico. No entanto, ficou evidente, que o controle pelo $\%FC_{máx}$ pode não ser uma boa alternativa, uma vez que o resultado médio de 55% encontrado em nossa metanálise, não foi condizente com a intensidade metabólica encontrada, classificando-se como uma atividade de muito baixa intensidade (< 57 $\%FC_{máx}$). Da mesma forma, a RPE média, que foi de 10,6 (Borg 6-20), classifica-se como de intensidade leve (RPE entre 9-11),[16] não condizente com a intensidade metabólica moderada, encontrada em nossa metanálise.

Devido a característica do exercício de resistência muscular, como é o caso do Pilates, o controle de sua intensidade pela frequência cardíaca não se configura como uma opção viável. Isso ocorre porque grandes alterações na carga de trabalho num curto espaço de tempo (ex.: entre o descanso e a série de exercício) podem refletir apenas pequenas alterações na frequência cardíaca, diferente do que ocorre no exercício aeróbio, quando há tempo suficiente para estabilizar a frequência cardíaca.[35] Da mesma forma, a Borg RPE (6-20) pode não ser a melhor alternativa para controle da intensidade do exercício de resistência muscular localizada em ambiente clínico, uma vez que foi originalmente projetada para controle da intensidade do exercício aeróbio.[36] Versões adaptadas para controle da intensidade do exercício de resistência muscular localizada foram desenvolvidas em escalas de 0-10 pontos, como a Borg CR-10[37] ou a OMNI-RES,[38] que provavelmente devem refletir melhor a intensidade dos exercícios de Pilates.

Torna-se necessário destacar também, as demais análises de subgrupos, que consideraram a experiência prévia do praticante com exercícios de Pilates e o tipo de Pilates aplicado, mat ou equipamentos. Em relação a experiência prévia com Pilates, nossa hipótese inicial, era de que praticantes experientes poderiam eventualmente apresentar um custo energético maior, devido a maior familiarização com a técnica, o que em tese geraria maior intensidade de esforço durante a sessão, devido a maior carga de trabalho utilizada. Isso porque, foi demonstrado, que no treinamento resistido convencional, o custo energético aumenta proporcionalmente à intensidade do exercício.[26, 32]

Nossa hipótese foi confirmada para as variáveis METs e $VO_{2máx}$, mas não para custo energético, $\%FC_{máx}$ e RPE. O fato de apenas duas de cinco variáveis terem apresentado diferença estatística para esta análise de subgrupo pode ter sido influenciada pelo fato das comparações envolvendo praticantes experientes, terem contado com número muito reduzido de participantes, comparado com o número de praticantes não experientes. Futuros estudos com

maior número de participantes experientes são necessários para melhor compreender o impacto da experiência prévia com Pilates sobre estas variáveis.

Para as comparações envolvendo mat *vs* equipamentos ocorreu o mesmo, com poucos participantes que realizaram Pilates em equipamentos. Um estudo incluído na presente revisão, identificou que a prática de Pilates no equipamento Reformer gerou significativamente maior intensidade e gasto energético do que o mat Pilates.[18] Ou seja, é possível que a prática em equipamentos, ao possibilitar melhor ajuste da intensidade de esforço por intermédio de molas de diferentes intensidades, gere um maior custo energético do que os exercícios de mat Pilates. Pesquisas futuras devem explorar comparações entre estas duas possibilidades de aplicação dos exercícios de Pilates.

Estudos futuros deverão considerar ainda, fatores que foram pouco explorados ou que não foram considerados pelos estudos incluídos na presente revisão: a) descrição pormenorizada dos exercícios executados, uma vez que exercícios que exigem maior quantidade de massa muscular resultarão em maior custo energético;[26] b) maior controle da intensidade do exercício, uma vez que quando executado próximo da falha muscular, resulta em maior custo energético;[26] c) análise do consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC), pois já foi demonstrado, que em atividades predominantemente anaeróbias, a fase de recuperação pode apresentar importante contribuição no custo energético.[32]

4.1 Certeza da evidência

Na avaliação da certeza da evidência, realizada pelo sistema GRADE, houve evidências de certeza muito baixa a baixa para todas as análises, sendo os principais problemas atrelados ao risco de viés, inconsistência e imprecisão. Em relação ao risco de viés, ou seja, avaliação da qualidade metodológica pela escala Rosendal, dois estudos apresentaram pontuação abaixo de 60% e foram considerados como de alto risco de viés. No geral, o principal problema foi o não relato de possíveis eventos adversos, uma importante informação em estudos de intervenção. Outros pontos críticos foram: não descrição do método utilizado para gerar a sequência aleatória nos estudos cross-over; controle das condições pré-intervenção, como dieta, sono e atividade física; descrição de detalhes sobre a incapacidade de um sujeito completar os requisitos do estudo; e execução de familiarização antes do protocolo experimental. Estudos futuros devem se preocupar em atender particularmente estas questões.

Em relação à inconsistência, vale ressaltar, que nossas metanálises apresentaram alta heterogeneidade, a exceção da análise envolvendo o desfecho RPE, fazendo com que os cálculos fossem realizados por efeitos aleatórios, o que gera, portanto, maior inconsistência nos

resultados, devido a discrepâncias nos efeitos observados entre os estudos. A imprecisão também foi um fator determinante na diminuição da certeza da evidência, pois nenhuma análise teve um número adequado de participantes ($n \geq 400$), conforme recomenda o sistema GRADE.[31] Isso ocorreu porque, em geral, os estudos individuais incluídos na revisão, trabalharam com amostras pequenas, variando de 10 até 33 participantes por grupo. Neste sentido, amostras maiores são necessárias em estudos futuros.

4.2 Possíveis vieses no processo de revisão

Deve ser enfatizado, que a busca bibliográfica da presente revisão sistemática, não foi realizada em todos os bancos de dados disponíveis, o que pode ter resultado na não localização de algum estudo elegível. No entanto, os principais bancos de dados, considerando os desfechos de interesse, foram verificados. Além disso, duas plataformas de registro de ensaios clínicos foram verificadas para tentar localizar trabalhos não publicados. Também realizamos uma busca completa em todas as referências bibliográficas dos estudos incluídos, o que pode ter reduzido a probabilidade de que qualquer estudo elegível tenha sido perdido no processo de busca.

Em relação aos resultados, deve ser considerado, que realizamos estimativas para algumas medidas de desfecho que não foram originalmente reportadas na publicação original, a partir de outros dados disponíveis, o que pode ter ligeiramente alterado os valores de média e desvio padrão reportado nos resultados do presente estudo.

Deve ser destacado ainda, que nossa análise principal incluiu dois estudos de baixa qualidade metodológica e que estimaram o custo energético por intermédio da frequência cardíaca, método este, que aumenta a imprecisão dos valores encontrados.[20, 22] No entanto, para minimizar este viés, realizamos análise de sensibilidade, excluindo estes dois estudos, conforme recomenda a colaboração Cochrane.[24] Neste caso, a intensidade metabólica foi reduzida de 3,7 para 3,0 METs, o que pode ser eventualmente considerado como um resultado conservador, até que mais estudos sejam realizados.

Ainda assim, levando em conta este valor, Pilates enquadrou-se como uma atividade de moderada intensidade. Desta forma, considerando uma sessão típica de 60 minutos, realizadas três vezes na semana, resultaria em 540 MET·min·sem, dentro da faixa de 450 e 750 MET·min·sem recomendada pelo American College of Sports Medicine e American Heart Association, para o atendimento das diretrizes atuais de prática da atividade física visando a promoção e manutenção da saúde.[13]

5. Conclusão

No geral, os exercícios de Pilates demandaram um custo energético que pode ser classificado como de uma atividade física de moderada intensidade. Contudo, para atender a esta característica, torna-se importante, que o intervalo entre séries e exercícios não ultrapasse 60 segundos. Três sessões semanais de 60 minutos cada, pode ser suficiente, para inicialmente atender as diretrizes de saúde pública. No entanto, devido à baixa certeza da evidência, estes resultados devem ser interpretados com cautela e mais estudos de alta qualidade metodológica são necessários.

Referências

1. Wells C, Kolt GS, Bialocerkowski A. Defining Pilates exercise: a systematic review. Complement Ther Med. 2012;20(4):253-62.

2. Statista. Number of pilates participants in the United States from 2010 to 2023 2024 [Available from: https://www.statista.com/statistics/191616/participants-in-pilates-training-in-the-us-since-2006/.

3. Guimarães Lima M, Malta DC, Monteiro CN, da Silva Sousa NF, Stopa SR, Medina LPB, et al. Leisure-time physical activity and sports in the Brazilian population: A social disparity analysis. PLoS One. 2019;14(12):e0225940.

4. de Campos Júnior JF, de Oliveira LC, Dos Reis AL, de Almeida LIM, Branco LV, de Oliveira RG. Effects of Pilates exercises on postural balance and reduced risk of falls in older adults: A systematic review and meta-analysis. Complement Ther Clin Pract. 2024;57:101888.

5. Porto AB, Nascimento Guimarães A, Alves Okazaki VH. The effect of exercise on postural alignment: A systematic review. J Bodyw Mov Ther. 2024;40:99-108.

6. Dos Reis AL, de Oliveira LC, de Oliveira RG. Effects of stretching in a pilates program on musculoskeletal fitness: a randomized clinical trial. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2024;16(1):11.

7. Oliveira LS, de Oliveira RG, da Silva TQ, Gonzaga S, de Oliveira LC. Effects of pilates exercises on strength, endurance and muscle power in older adults: Systematic review and meta-analysis. J Bodyw Mov Ther. 2024;39:615-34.

8. Larson-Meyer DE. A Systematic Review of the Energy Cost and Metabolic Intensity of Yoga. Med Sci Sports Exerc. 2016;48(8):1558-69.

9. Fernández-Rodríguez R, Álvarez-Bueno C, Ferri-Morales A, Torres-Costoso AI, Cavero-Redondo I, Martínez-Vizcaíno V. Pilates Method Improves Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Clin Med. 2019;8(11).

10. Pessôa RAG, de Oliveira LC, Vitor GBB, de Oliveira RG. Effects of Pilates exercises on cardiorespiratory fitness: A systematic review and meta-analysis. Complement Ther Clin Pract. 2023;52:101772.

11. Wang Y, Chen Z, Wu Z, Ye X, Xu X. Pilates for Overweight or Obesity: A Meta-Analysis. Front Physiol. 2021;12:643455.

12. Xu M, Tian C, Wang Y, Liang S, Wang Y, Li X, et al. Pilates and multiple health outcomes: An umbrella review. J Sci Med Sport. 2023;26(4-5):232-40.

13. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Med Sci Sports Exerc. 2007;39(8):1423-34.

14. Herrmann SD, Willis EA, Ainsworth BE, Barreira TV, Hastert M, Kracht CL, et al. 2024 Adult Compendium of Physical Activities: A third update of the energy costs of human activities. J Sport Health Sci. 2024;13(1):6-12.

15. Activities CoP. 2024 Compendium of Physical Activities: Quantifying Physical Activity Energy Expenditure 2024 [Available from: https://pacompendium.com/.

16. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. Med Sci Sports Exerc. 2011;43(7).

17. Gultekin SC, Ozcan Kahraman B, Kahraman T. Cardiorespiratory responses: Pilates compared to different walking speeds in healthy adults. Ir J Med Sci. 2024;193(1):139-47.

18. de Souza Andrade L, da Silva Almeida I, Mochizuki L, Sousa CV, Falk Neto JH, Kennedy MD, et al. What is the exercise intensity of Pilates? An analysis of the energy expenditure, blood lactate, and intensity of apparatus and mat Pilates sessions. J Bodyw Mov Ther. 2021;26:36-42.

19. Almeida IdS, Andrade LdS, Mochizuki L, Sousa CV, Falk Neto JH, Kennedy MD, et al. Effect of three different Pilates sessions on energy expenditure and aerobic metabolism in healthy females. Sport Sci Health. 2021;17(1):223-31.

20. Carlin de Ramos do Espírito Santo B, Garcias L, Bertoli J, Kulevicz da Silva AC, Freitas CR. Acute effects of mat Pilates session on heart rate and rating of perceived exertion. J Bodyw Mov Ther. 2020;24(2):104-8.

21. Jung K, Seo J, Jung WS, Kim J, Park HY, Lim K. Effects of an Acute Pilates Program under Hypoxic Conditions on Vascular Endothelial Function in Pilates Participants: A Randomized Crossover Trial. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(7).

22. Silva MLd, Rezende TM, Gonçalves LM, Júnior AJdS. Cardiovascular parameters and energy expenditure in indirect pilates. Ciênc Mov. 2014;16(32):17-25.

23. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. Bmj. 2021;372:n71.

24. Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, et al. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions: Cochrane; 2023. Available from: www.training.cochrane.org/handbook.

25. van Rosendal SP, Osborne MA, Fassett RG, Coombes JS. Guidelines for glycerol use in hyperhydration and rehydration associated with exercise. Sports Med. 2010;40(2):113-29.

26. Mitchell L, Wilson L, Duthie G, Pumpa K, Weakley J, Scott C, et al. Methods to Assess Energy Expenditure of Resistance Exercise: A Systematic Scoping Review. Sports Med. 2024;54(9):2357-72.

27. Jadad AR, Moore RA, Carroll D, Jenkinson C, Reynolds DJ, Gavaghan DJ, et al. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? Control Clin Trials. 1996;17(1):1-12.

28. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. Phys Ther. 2003;83(8):713-21.

29. Verhagen AP, de Vet HC, de Bie RA, Kessels AG, Boers M, Bouter LM, et al. The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. J Clin Epidemiol. 1998;51(12):1235-41.

30. Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomized trials. Ann Intern Med. 2010;152(11):726-32.

31. Schünemann H, Brożek J, Guyatt G, Oxman A. GRADE handbook for grading quality of evidence and strength of recommendations: The GRADE Working Group; 2013. Available from: guidelinedevelopment.org/handbook.

32. Ferro Magosso R, Campanholi Neto J, de Carli JPC, Gomes Figueira T, de Souza GS, Robert-Pires CM, et al. A Review of Ergogenesis and Effect of Training Variables on Energy Expenditure in Resistance Training Exercises. J Exerc Physiol Online. 2017;20(2):99-110.

33. Mazzetti S, Douglass M, Yocum A, Harber M. Effect of explosive versus slow contractions and exercise intensity on energy expenditure. Med Sci Sports Exerc. 2007;39(8):1291-301.

34. di Prampero PE, Ferretti G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. Respir Physiol. 1999;118(2-3):103-15.

35. Reed JL, Pipe AL. Practical Approaches to Prescribing Physical Activity and Monitoring Exercise Intensity. Can J Cardiol. 2016;32(4):514-22.

36. Borg GAV, Noble BJ. Perceived Exertion. Exerc Sport Sci Rev. 1974;2(1).

37. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc. 1982;14(5):377-81.

38. Lagally KM, Robertson RJ. Construct validity of the OMNI resistance exercise scale. J Strength Cond Res. 2006;20(2).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo, ao resumir a literatura existente a respeito do custo energético e intensidade metabólica dos exercícios de Pilates, identificou que a técnica pode ser categorizada como de intensidade moderada (entre 3-6 METs), tendo em vista que na análise principal, que agregou diferentes estudos pela média ponderada, encontrou valor de 3,8 MEts, reduzido para 3,0 METs na análise de sensibilidade que excluiu estudos com baixa qualidade metodológica e que não utilizaram calorimetria indireta para mensuração do custo energético. Além disso, deve ser considerado, por profissionais do exercício físico, que ministram exercícios de Pilates, que quando o objetivo estiver atrelado a gerar maior custo energético, se faz fundamental que o intervalo de descanso entre séries e exercícios não exceda 60 segundos. Nossas análises de subgrupo demonstraram, que neste caso, a intensidade metabólica dos exercícios de Pilates pode ser superior a 4,0 METs.

Outro ponto relevante, é que por hora, não é possível atribuir qualquer influência no custo energético de uma sessão de Pilates no que diz respeito a experiência prévia do praticante, assim como, para o tipo de Pilates ministrado (mat ou equipamentos). Um outro ponto que chamou a atenção, é de que o percentual da frequência cardíaca máxima e a percepção subjetiva de esforço pela escala de Borg (6-20), parecem não ser bons instrumentos a serem utilizados na prática clínica para controle da intensidade de esforço durante os exercícios de Pilates. Embora para todas estas questões, mais estudos robustos e de alta qualidade metodológica são necessários. Isso ficou evidenciado em nossa análise da certeza da evidência, que variou de muito baixa a baixa para todos os desfechos observados, requerendo, portanto, cautela na interpretação dos resultados.

APÊNDICES

Material Suplementar

Estratégia de Busca em cada base de dados

Nota: Para aumentar a sensibilidade da busca, nós utilizamos "all fields" para todos os termos, em cada base de dados, vinsando que o termo fosse buscado em todos os campos disponíveis da indexação.

PubMed (pubmed.gov, 1996 até 9 de maio de 2024).
#1: Pilates
#2: Pilates method
#3: Pilates-based exercise
#4: Pilates exercise
#5: clinical Pilates
#6: clinic Pilates
#7: Pilates training
#8: mat Pilates
#9: mat-based Pilates
#10: equipment-based Pilates
#11: #1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10
#12: energy expenditure
#13: aerobic metabolism
#14: oxygen consumption
#15: metabolism
#16: energy cost
#17: exercise intensity
#18: blood lactate
#19: blood pressure
#20: heart rates
#21: heart rate
#22: cardiac rate
#23: cardiac rates
#24: metabolic
#25: metabolism
#26: cardiorespiratory fitness
#27: cardiorespiratory endurance
#28: metabolic intensity
#29: aerobic capacity
#30: cardiorespiratory
#31: maximum oxygen uptake
#32: maximum oxygen consumption
#33: maximum volume of oxygen
#34: cardiorespiratory test
#35: RPE
#36: rating of perceived exertion

#37: aerobic fitness
#38: maximal cardiorespiratory fitness
#39: oxygen volume
#40: metabolic equivalents
#41: metabolic equivalent
#42: MET
#43: METs
#44: kcal
#45: calorie
#46: calories
#47: kilocalorie
#48: maximum heart rate
#49: indirect calorimetry
#50: Borg
#51: #12 OR #13 OR #14 OR #15 OR #16 OR #17 OR #18 OR #19 OR #20 OR 21 OR #22 OR #23 OR #24 OR #25 OR #26 OR #27 OR #28 OR #29 OR #30 OR 31 OR #32 OR #33 OR #34 OR #35 OR #36 OR #37 OR #38 OR #39 OR #40 OR 41 OR #42 OR #43 OR #44 OR #45 OR #46 OR #47 OR #48 OR #49 OR #50
#52: #11 AND #51

Embase (embase.com, 1947 até 9 de maio de 2024)
#1: Pilates
#2: Pilates method
#3: Pilates-based exercise
#4: Pilates exercise
#5: clinical Pilates
#6: clinic Pilates
#7: Pilates training
#8: mat Pilates
#9: mat-based Pilates
#10: equipment-based Pilates
#11: #1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10
#12: energy expenditure
#13: aerobic metabolism
#14: oxygen consumption
#15: metabolism
#16: energy cost
#17: exercise intensity
#18: blood lactate
#19: blood pressure
#20: heart rates
#21: heart rate
#22: cardiac rate
#23: cardiac rates
#24: metabolic
#25: metabolism
#26: cardiorespiratory fitness
#27: cardiorespiratory endurance
#28: metabolic intensity
#29: aerobic capacity

#30: cardiorespiratory
#31: maximum oxygen uptake
#32: maximum oxygen consumption
#33: maximum volume of oxygen
#34: cardiorespiratory test
#35: RPE
#36: rating of perceived exertion
#37: aerobic fitness
#38: maximal cardiorespiratory fitness
#39: oxygen volume
#40: metabolic equivalents
#41: metabolic equivalent
#42: MET
#43: METs
#44: kcal
#45: calorie
#46: calories
#47: kilocalorie
#48: maximum heart rate
#49: indirect calorimetry
#50: Borg
#51: #12 OR #13 OR #14 OR #15 OR #16 OR #17 OR #18 OR #19 OR #20 OR 21 OR #22 OR #23 OR #24 OR #25 OR #26 OR #27 OR #28 OR #29 OR #30 OR 31 OR #32 OR #33 OR #34 OR #35 OR #36 OR #37 OR #38 OR #39 OR #40 OR 41 OR #42 OR #43 OR #44 OR #45 OR #46 OR #47 OR #48 OR #49 OR #50
#52: #11 AND #51

CENTRAL (cochranelibrary.com, 1998 até 9 de maio de 2024)
#1: ("Pilates" OR "Pilates method" OR "Pilates-based exercise" OR "Pilates exercise" OR "clinical Pilates" OR "clinic Pilates" OR "Pilates training" OR "mat Pilates" OR "mat-based Pilates" OR "equipment-based Pilates")
#2: ("energy expenditure" OR "aerobic metabolism" OR "oxygen consumption" OR "metabolism" OR "energy cost" OR "exercise intensity" OR "blood lactate" OR "blood pressure" OR "heart rates" OR "heart rate" OR "cardiac rate" OR "cardiac rates" OR "metabolic" OR "metabolism cardiorespiratory fitness" OR "cardiorespiratory endurance" OR "metabolic intensity" OR "aerobic capacity" OR "cardiorespiratory" OR "maximum oxygen uptake" OR "maximum oxygen consumption" OR "maximum volume of oxygen" OR "cardiorespiratory test" OR "RPE" OR "rating of perceived exertion" OR "aerobic fitness" OR "maximal cardiorespiratory fitness" OR "oxygen volume" OR "metabolic equivalents" OR "metabolic equivalent" OR "MET" OR "METs" OR "kcal" OR "calorie" OR "calories" OR "kilocalorie" OR "maximum heart rate" OR "indirect calorimetry" OR "Borg")
#3: #1 AND #2

CINAHL (via EBSCOhost, 1937 até 9 de maio de 2024)
S1: Pilates
S2: Pilates method
S3: Pilates-based exercise
S4: Pilates exercise
S5: clinical Pilates
S6: clinic Pilates

S7: Pilates training
S8: mat Pilates
S9: mat-based Pilates
S10: equipment-based Pilates
S11: S1 OR S2 OR S3 OR S4 OR S5 OR S6 OR S7 OR S8 OR S9 OR S10
S12: energy expenditure
S13: aerobic metabolism
S14: oxygen consumption
S15: metabolism
S16: energy cost
S17: exercise intensity
S18: blood lactate
S19: blood pressure
S20: heart rates
S21: heart rate
S22: cardiac rate
S23: cardiac rates
S24: metabolic
S25: metabolism
S26: cardiorespiratory fitness
S27: cardiorespiratory endurance
S28: metabolic intensity
S29: aerobic capacity
S30: cardiorespiratory
S31: maximum oxygen uptake
S32: maximum oxygen consumption
S33: maximum volume of oxygen
S34: cardiorespiratory test
S35: RPE
S36: rating of perceived exertion
S37: aerobic fitness
S38: maximal cardiorespiratory fitness
S39: oxygen volume
S40: metabolic equivalents
S41: metabolic equivalent
S42: MET
S43: METs
S44: kcal
S45: calorie
S46: calories
S47: kilocalorie
S48: maximum heart rate
S49: indirect calorimetry
S50: Borg
S51: S12 OR S13 OR S14 OR S15 OR S16 OR S17 OR S18 OR S19 OR S20 OR 21 OR S22 OR S23 OR S24 OR S25 OR S26 OR S27 OR S28 OR S29 OR S30 OR 31 OR S32 OR S33 OR S34 OR S35 OR S36 OR S37 OR S38 OR S39 OR S40 OR 41 OR S42 OR S43 OR S44 OR S45 OR S46 OR S47 OR S48 OR S49 OR S50
S52: S11 AND S51

Web of Science (webofscience.com, 1900 até 9 de maio de 2024)
1: ("Pilates" OR "Pilates method" OR "Pilates-based exercise" OR "Pilates exercise" OR "clinical Pilates" OR "clinic Pilates" OR "Pilates training" OR "mat Pilates" OR "mat-based Pilates" OR "equipment-based Pilates")
2: ("energy expenditure" OR "aerobic metabolism" OR "oxygen consumption" OR "metabolism" OR "energy cost" OR "exercise intensity" OR "blood lactate" OR "blood pressure" OR "heart rates" OR "heart rate" OR "cardiac rate" OR "cardiac rates" OR "metabolic" OR "metabolism cardiorespiratory fitness" OR "cardiorespiratory endurance" OR "metabolic intensity" OR "aerobic capacity" OR "cardiorespiratory" OR "maximum oxygen uptake" OR "maximum oxygen consumption" OR "maximum volume of oxygen" OR "cardiorespiratory test" OR "RPE" OR "rating of perceived exertion" OR "aerobic fitness" OR "maximal cardiorespiratory fitness" OR "oxygen volume" OR "metabolic equivalents" OR "metabolic equivalent" OR "MET" OR "METs" OR "kcal" OR "calorie" OR "calories" OR "kilocalorie" OR "maximum heart rate" OR "indirect calorimetry" OR "Borg")
3: 1 AND 2

SPORTDiscus (via EBSCOhost, 1985 até 9 de maio de 2024)
S1: Pilates
S2: Pilates method
S3: Pilates-based exercise
S4: Pilates exercise
S5: clinical Pilates
S6: clinic Pilates
S7: Pilates training
S8: mat Pilates
S9: mat-based Pilates
S10: equipment-based Pilates
S11: S1 OR S2 OR S3 OR S4 OR S5 OR S6 OR S7 OR S8 OR S9 OR S10
S12: energy expenditure
S13: aerobic metabolism
S14: oxygen consumption
S15: metabolism
S16: energy cost
S17: exercise intensity
S18: blood lactate
S19: blood pressure
S20: heart rates
S21: heart rate
S22: cardiac rate
S23: cardiac rates
S24: metabolic
S25: metabolism
S26: cardiorespiratory fitness
S27: cardiorespiratory endurance
S28: metabolic intensity
S29: aerobic capacity
S30: cardiorespiratory
S31: maximum oxygen uptake
S32: maximum oxygen consumption
S33: maximum volume of oxygen

S34: cardiorespiratory test
S35: RPE
S36: rating of perceived exertion
S37: aerobic fitness
S38: maximal cardiorespiratory fitness
S39: oxygen volume
S40: metabolic equivalents
S41: metabolic equivalent
S42: MET
S43: METs
S44: kcal
S45: calorie
S46: calories
S47: kilocalorie
S48: maximum heart rate
S49: indirect calorimetry
S50: Borg
S51: S12 OR S13 OR S14 OR S15 OR S16 OR S17 OR S18 OR S19 OR S20 OR 21 OR S22 OR S23 OR S24 OR S25 OR S26 OR S27 OR S28 OR S29 OR S30 OR 31 OR S32 OR S33 OR S34 OR S35 OR S36 OR S37 OR S38 OR S39 OR S40 OR 41 OR S42 OR S43 OR S44 OR S45 OR S46 OR S47 OR S48 OR S49 OR S50
S52: S11 AND S51

ClinicalTrials.gov e **WHO ICTRP**
Data da busca: 9 de maio de 2024
Basic search: Pilates AND energy
ClinicalTrials.gov: Search: Pilates AND Condition: energy
WHO ICTRP: Title: Pilates AND Condition: energy

Tabela Suplementar 1. Trabalhos não encontrados

Autor (ano)	Título	Local de publicação
Huang (2013)	12-week Pilates Program on Community-dwelling Middle-aged Women	Registro de Ensaio Clínico NCT05333484
Kahraman (2020)	Cardiorespiratory Responses to a Pilates Training Session and Treadmill Walking in Healthy Adults	Registro de Ensaio Clínico NCT04568733
Autoria não declarada (2006)	Pilates may be overrated.	Nutrition Today. 41:226

Tabela Suplementar 2. Estudos excluídos após leitura do texto completo.

Autor (ano)	Título	Local da publicação	Motivo da exclusão
Bueno (2018)	Comportamento Hemodinâmico perceptual em idosas submetidas à uma sessão de diferentes protocolos do método Pilates	Especialização em Fisiologia do Exercício (Monografia). Universidade Federal do Paraná.	Não avaliou desfechos de interesse
Ispas e Macovei (2018)	Os efeitos dos exercícios usando o aparelho de Pilates na frequência cardíaca	Educação Física, Esporte e Cinesioterapia. 36: 140-147	Não avaliou desfechos de interesse
Tinoco-Fernandéz et al. (2016)	The Pilates method and cardiorespiratory adaptation to training	Research in Sports Medicine. 24: 266-271	Não avaliou desfechos de interesse
Diamontoula et al. (2016)	Aqua pilates versus land pilates: physical fitness outcomes	Journal of Physical Education and Sport. 16: 573-578	Não avaliou desfechos de interesse
Emerick (2017)	The new calorie-crushing pilates	Meredith Corporation. 36: 138	Artigo de opinião
Rukavina (2005)	Interpretation of the exercise intensity in classical pilates and pilates body technique	4th International Scientific Conference on Kinesiology. p.285-288	Resumo apresentado em congresso
Andrade (2016)	Custo energético e comportamento cardiovascular durante as sessões de pilates solo e aparelho	ClinicalTrials.gov NCT04491708	Registro de um estudo já incluído
Finatto (2018)	Pilates training improves 5-km run performance by changing metabolic cost and muscle activity in trained runners	PLoS One. 13: e0194057	Não avaliou desfechos de interesse

ANEXOS

Comprovante de submissão do artigo científico

UENP

Raphael Gonçalves de Oliveira <rgoliveira@uenp.edu.br>

SPOA-D-24-01598 - Submission Confirmation

Sports Medicine (SPOA) <em@editorialmanager.com> 6 de dezembro de 2024 às 14:46
Responder a: "Sports Medicine (SPOA)" <harini.karunakaran@springernature.com>
Para: Raphael Gonçalves de Oliveira <rgoliveira@uenp.edu.br>

Dear Dr Oliveira,

Thank you for submitting your manuscript, "Metabolic intensity and energy cost of Pilates exercises: a systematic review with meta-analysis", to Sports Medicine

The submission id is: SPOA-D-24-01598
Please refer to this number in any future correspondence.

During the review process, you can keep track of the status of your manuscript by accessing the following web site:

https://www.editorialmanager.com/spoa/

Your username is: rgoliveira

If you forget your password, you can click the 'Send Login Details' link on the Editorial Manager Login page at https://www.editorialmanager.com/spoa/.

Springer offers authors the option of making their articles available with open access via the Springer Open Choice program. We advise you to familiarize yourself with the details of Springer Open Choice in advance, to be able to decide quickly should your paper be accepted for publication. Further information can be found at www.springer.com/openchoice. Please be aware that Adis journals, including Sports Medicine, publish open access articles with a CC-BY-NC license. If your funding agency requires/mandates open access publication under any other license, please contact the journal Editorial Office.

In addition, Sports Medicine offers authors the option of publishing various peer-reviewed digital features (including animated abstracts, video abstracts, slide decks, audio slides, instructional videos, infographics, podcasts and animations) with their articles; these are designed to increase the visibility, readership and educational value of articles. Plain language summaries (PLSs) can also be published with articles, which aim to assist readers who have some knowledge of, but not in-depth expertise in, the area to understand important medical advances. If you would like to publish any of these features with your article, please contact the journal Editor and see the 'Guidelines for Digital Features and Plain Language Summaries' that are available on the journal homepage under submission guidelines.

With kind regards,

Springer Journals Editorial Office
Sports Medicine

This letter contains confidential information, is for your own use, and should not be forwarded to third parties.

Recipients of this email are registered users within the Editorial Manager database for this journal. We will keep your information on file to use in the process of submitting, evaluating and publishing a manuscript. For more information on how we use your personal details please see our privacy policy at https://www.springernature.com/production-privacy-policy. If you no longer wish to receive messages from this journal or you have questions regarding database management, please contact the Publication Office at the link below.

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: https://www.editorialmanager.com/spoa/login.asp?a=r). Please contact the publication office if you have any questions.